

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**

**«XXVI СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫ» АТТЫ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ
КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
МАТЕРИАЛДАРЫ**

**МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«XXVI САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ»**

X том

**ПАВЛОДАР
2026**

Редакция алқасының бас редакторы:

Медетов Н. Ә., ф.-м.ғ.д., «Торайғыров университеті» КеАҚ Басқарма Төрағасы – Ректор

Жауапты редактор:

Кельдыбеков М. Б., PhD докторы, «Торайғыров университеті» КеАҚ Ғылыми жұмыс және зерттеулерді коммерцияландыру жөніндегі Басқарма мүшесі – проректор

Редакция алқасының мүшелері:

Исенова Б. К., Ибраева А. Д., Абліш Р. М., Каверина М. М., Осипова А. В., Трубицкий Б. С., Смагулов Р. М., Камалиден А. А., Кульбеков А. М., Заканова А. Н.

Жауапты хатшы:

Слямғали С. С., Анарбаев А. Е., Зейтова Ш. С., Абенова А. Т., Алимова Ж. С., Жангазина Д. М., Кайниденов Н. Н., Шалабаев Б. А., Ибраева А. К., Кабдулина К. Т., Мажитова А. Е., Бекниязова Д. С., Ауешева Ф. А., Каменов А. А., Ткачук А. А., Зарипов Р. Ю., Қабылқайыр Д. Н., Акимбекова Н. Ж., Жапар Ж. Б., Байтемирова А. К., Урузалинова М. Б., Дәуіт Ж., Джанарғалиева М. Р., Тугамбаева Т. Б., Садвакасова М. Ж., Толокольников Н. И., Жуманбаева Р. О., Кривец О. А., Кильдыбекова Б. Е., Рахимбаева М. Н., Мажитова А. Ә., Боранқұлова Б. Е., Ордабаева Ж. Е., Шабамбаева А. Г., Акшанова А. М., Машрапова З. С., Таскарина А. Е., Попандопуло А. С., Абдрахманова А. А., Қаппас Ф. Н.

Ж66 «XXVI Сәтбаев оқулары» атты Халықаралық ғылыми конференцияның материалдары – Павлодар : Торайғыров университеті, 2026.

ISBN 978-601-345-761-1 (жалпы)
Т. 10 «Жас ғалымдар». – 2026. – 521 б.
ISBN 978-601-345-751-2

«XXVI Сәтбаев оқулары» атты Халықаралық ғылыми конференцияның материалдары (10 сәуір 2026 жыл) жинағында келесі ғылыми бағыттар бойынша ұсынылған мақалалар енгізілген: Энергетика, Физика-математикалық және компьютерлік ғылымдары, Ауыл шаруашылығы және АӨК, Мемлекеттік басқару, бизнес және құқық, Сәулет және құрылыс, Заманауи инженерлік инновациялар мен технологиялар, Жаратылыстану ғылымдары, Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдары.

Жинақ көпшілік оқырманға арналады.
Мақала мазмұнына автор жауапты.

Секция 14

**Тау-кен өндірісі мен металлургиядағы заманауи
инженерлік инновациялар мен технологиялар
Современные инженерные инновации
и технологии в горном деле и металлургии**

**МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ
МЕХАНИЧЕСКОГО ДЕКОМПОЗИТОРА
НА БАЗЕ АО «АЛЮМИНИЙ КАЗАХСТАНА»**

АБДРАХМАНОВ Е. С.

к.т.н., профессор, Торайғыров университет, г. Павлодар

УАЛИХАНОВ Е. М.

магистрант, Торайғыров университет, г. Павлодар

Процесс декомпозиции алюминатных растворов в производственном цикле глинозема по методу Байера во многом определяет технико-экономические показатели всего предприятия. Согласно исследованиям именно на этапе декомпозиции закладываются параметры энергопотребления и общая продолжительность технологического цикла [1]. Эффективность разложения находится в прямой зависимости от степени структуры распределения твердой фазы по объему реактора [2].

На предприятии АО «Алюминий Казахстана» используются декомпозитеры высотой 30 метров и диаметром 10 метров. При наличии механического перемешивания в таких аппаратах возникает серьезная проблема - осаждение крупных кристаллов гидроксида алюминия. При превышении высоты аппаратом, порога в 15 метров стандартные лопастные мешалки перестают обеспечивать необходимую интенсивность смешивания пульпы [3]. Рабочий опыт эксплуатации подтверждает то, что: формирование плотного осадка в нижней части аппарата не только сокращает его рабочий объем, но и ведет к интенсивному износу конструктивных элементов [4].

Дополнительным фактором, снижающим надежность оборудования, является несовершенство существующего привода. В частности, применяемые соосные системы типа Flender передают радиальные биения длинного вала непосредственно на узлы редуктора. Это предопределяет преждевременный выход из строя

подшипниковых групп и зубчатых пар [3,4]. Решением данной проблемы может служить переход к разнесенным кинематическим схемам, обеспечивающим эффективное демпфирование нагрузок [5]. В контексте поиска оптимальных методов интенсификации процесса, выделяют комбинированное пневмомеханическое смешивание как наиболее адаптивное для крупнотоннажных установок [6].

Развивая данное направление, предлагается модернизированная конструкция [7]. Основная идея заключается в использовании полого вала в качестве воздуховода, на котором по спиральной траектории размещены 45–50 аэрационных форсунок, оснащенных лепестковыми обратными клапанами. Такая компоновка дополняется выносом редуктора и внедрением открытой зубчатой передачи с пневматическим вертлюгом, что позволяет одновременно реализовать подачу сжатого воздуха и механическую развязку привода [7]. Для обоснования работоспособности системы произведен расчет необходимого рабочего давления. Согласно [3,4] учитывая высоту столба $h=30$ м и среднюю плотность среды $\rho=1350-1450$ кг/м³, гидростатическое давление в нижней точке аппарата определяется по формуле:

$$P=\rho gh$$

где:

ρ - плотность пульпы, ;

g - ускорение свободного падения, 9,81 ;

h - высота столба жидкости, м.

Подставляя среднее значение плотности

$$P=1400*9.81*30$$

$$P=412020 \text{ Па} \approx 0,41 \text{ МПа}$$

С учётом потерь в магистральных и усилий сжатия пружин клапанов рабочее давление компрессора должно оставаться в пределах от 0,6 до 0,7 МПа [4, 6]. Введение аэрации кардинально трансформирует структуру потоков внутри аппарата. Поднимающиеся вдоль вала пузырьки воздуха порождают области пониженной плотности, вызывая возникновение восходящего аэролифтного движения.

Восходящие потоки воздушных пузырей формируют местные зоны низкой плотности, провоцируя развитие аэролифтовой циркуляции [3]. Такое изменение коренным образом перестраивает гидродинамику установки: вместо образования двух зон застоя

создаётся однородное распределение скоростей по всему поперечному сечению аппарата [6].

Для наглядности сравнения основных технико-экономических показателей базового и предлагаемого вариантов перемешивающего устройства составлена таблица 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики узлов перемешивания

Показатель	Базовый вариант (механический)	Предлагаемый вариант (пневмомеханический)
Тип привода	Соосный редуктор Flender	Разнесенная зубчатая передача
Способ перемешивания	Только механический (5 лопастей)	Комбинированный (лопасти + аэрация)
Вероятность образования застойных зон	Высокая (в нижней части)	Минимальная (за счет аэролифтного эффекта)
Удельное энергопотребление, кВт/м³	0,28	0,25
Межремонтный интервал привода, мес.	12	18-24
Защита вала от вибраций	Отсутствует	Динамическое демпфирование воздухом

Применение описанного комбинированного метода обеспечивает стабильное исключение осаживания гидрата, снижает пусковые токи электродвигателя за счет предварительного разрыхления осадка и способствует оптимизации гранулометрического состава продукции. Таким образом, внедрение модернизированного узла перемешивания позволяет адаптировать оборудование АО «Алюминий Казахстана» к актуальным требованиям энергосбережения и промышленной надежности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сизяков В. С. Совершенствование технологии и оборудования производства глинозема по способу Байера // Записки Горного института. 2001. С. 45-52.
- 2 Арлюк Б. И. Комплексная переработка алюминиевого сырья. М.: Металлургия, 1991. 210 с.
- 3 Брагинский Л. Н., Бегачев В. И., Барабаш В. М. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета. Л.: Химия, 1984. 336 с.

4 Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 750 с.

5 Абрамов А. А. Metallurgy алюминия. М.: Академкнига, 2005. 456 с.

6 Loh I., Zhang J. Gas-Liquid-Solid Mixing in Stirred Tanks: A Review of Mechanical and Pneumatic Methods // Hydrometallurgy. 2018. Vol. 142. P. 12-25.

7 Патент РК №31452. Устройство для перемешивания пульпы в декомпозирах / Иванов А.П., 2016.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН И МИРЕ

БАКИРОВ А. Г.

PhD, ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

АМОСОВА Л. Р.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Одни из важнейших целей устойчивого развития принятой Генеральной Ассамблеей ООН в 2015 г. «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.» - 7 (недорогая и чистая энергия для всех), 12 (устойчивое потребление и производство) и 13 (борьба с изменением климата), ориентированы, на решение важнейшей экологической проблемы – комплексной переработки отходов, которые являются неизбежной частью развития промышленности крупных стран мира [1]. В глобальной повестке усиливается фокус на экологических аспектах, которые впоследствии трансформируются в приоритет климатической проблематики; именно через данную призму осуществляется оценка деятельности хозяйствующих субъектов во всех отраслях экономики, включая предприятия топливно-энергетического комплекса.

Энергетика заслужено является одной из самых важных отраслей в промышленности и жизни человека в целом. На сегодняшний день, основным источником получения энергии является топливо, полученное добычей и переработкой полезных ископаемых. Так, на ископаемой топливо – природный газ, уголь, нефть – приходится около 78% выработки энергии во всем мире. Тогда как на альтернативные источники – ветровая и

солнечная энергия – приходится около 15% производства мировой электроэнергии [2].

На рисунке 1 представлена структура распределения источников производства энергии.

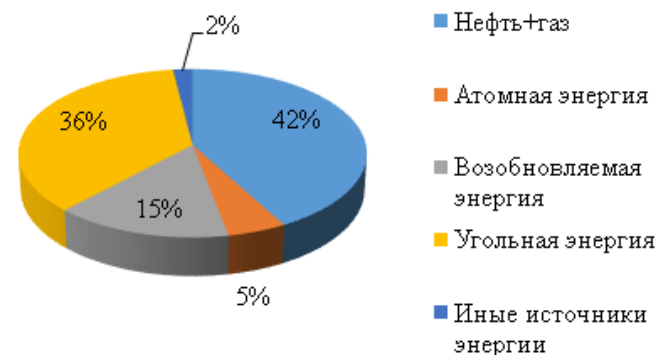


Рисунок 1 – Структура распределения источников производства энергии [2]

Мировое потребление угля демонстрирует устойчивую тенденцию к росту: согласно статистическим оценкам, за последние два десятилетия объем его производства увеличился примерно в два раза. В отдельных странах, таких как Китай, доля электроэнергии, вырабатываемой на угольной основе, достигает 60 %, в Индии — 69 %, тогда как в России показатель «угольной» генерации составляет около 13 % [3].

Угольные электростанции ежегодно производят большие объемы золы и других побочных продуктов сгорания угля. Хотя почти 50% производимой летучей золы утилизируется в различных областях хозяйства, большая часть зольного материала расположена на сухих полигонах и зольных лагунах. Зола содержит опасные выщелачиваемые микроэлементы, такие как as, B, Cr, Mo, Ni, Se, Sr и V, которые оказывают отрицательное влияние на окружающую среду из-за потенциального выщелачивания кислотными дождями и грунтовыми водами. Объемы ежегодного выхода золы в развитых странах составляют (млн т): Индия – 112, Китай – 100, США – 75, Германия – 40 и Великобритания – 15 [4].

В Таблице 1 представлены данные по объемам ежегодного выхода золы в развитых странах.

Таблица 1 – Объемы ежегодного выхода золы уноса

Страна	Китай	Индия	США	Германия	Великобритания
Зола уноса (ежегодно, млн.т)	100	112	75	40	15

В настоящее время Китай является крупнейшим производителем и потребителем угля в мире. С увеличением потребления угля выбросы золы-уноса с угольных электростанций стали крупнейшими промышленными твердыми отходами в Китае. Хотя энергетическая структура Китая меняется с увеличением доли возобновляемой энергии, потребление угля по-прежнему остаётся наибольшим и в ближайшие несколько десятилетий не снизится существенно [5].

В России около 70% всей электроэнергии вырабатывается при сжигании каменного угля факельным или слоевым способом на ТЭС и ГРЭС, в результате чего образуются как газообразные продукты, так и твердые золошлаковые отходы (ЗШО) – золы уноса и шлаки. Согласно данным аналитического центра при Правительстве РФ в России образовался объем ЗШО в количестве 30,4 млн т. Так, например, на Рефтинской ГРЭС ежегодно после сжигания экибастузского угля образуется в среднем около 4,5 млн тонн золошлаковых отходов, в том числе сухой золы уноса 3,2–3,4 млн тонн в год [5].

Угольная промышленность Казахстана является одной из важнейших ресурсных отраслей, от которой напрямую зависит энергетическая безопасность страны. Угольная отрасль республики обеспечивает выработку в Казахстане порядка 70% электроэнергии, стопроцентную загрузку коксохимического производства. Динамика производства угля в Республике Казахстан за последние 5 лет представлена в таблице 2 [6].

Таблица 2 – Динамика производства угля в Республике Казахстана

Уголь каменный, включая лигнит и концентрат угольный	2021	2022	2023	2024	2025
тыс. тонн	116 218,7	117 791,2	116 423,9	112 986,3	120 527,9

Разведанные запасы угля в Казахстане оцениваются почти в 34 млрд тонн, что составляет около 4 % мировых запасов. По этому показателю страна входит в число десяти ведущих государств

мира. В республике представлены все основные марки угля, а общее количество известных месторождений превышает 300, с суммарными геологическими запасами порядка 170,2 млрд тонн. При этом более 90 % угольных ресурсов сосредоточено в центральных и северных регионах страны. К числу крупнейших угольных бассейнов относятся Экибастузский (12,5 млрд тонн), Карагандинский (9,3 млрд тонн) и Тургайский (5,8 млрд тонн) [6]. Таким образом, можно сделать вывод, что электроэнергия получаемая от сжигания угля в Казахстане была и остается главным источником энергии.

Ниже на рисунке 2 и в таблице 3 представлено общее первичное потребление энергии по видам топлива в Республике Казахстан по данным Бюро национальной статистики [6].

Таблица 3 Общее первичное потребление энергии по видам топлива в Республике Казахстан по данным Бюро национальной статистики (в 1000 тнэ)

Источник энергии	2020	2021	2022	2023	2024
Уголь	32612,8	33533,1	35651,2	36454,0	35036,3
Нефть и нефтепродукты	11921,1	17114,1	15209,0	16556,0	12922,6
Натуральный газ	20173,4	16966,5	18069,2	19739,3	24564,3
Гидроэнергетика	830,6	792	791,2	757,4	970,3

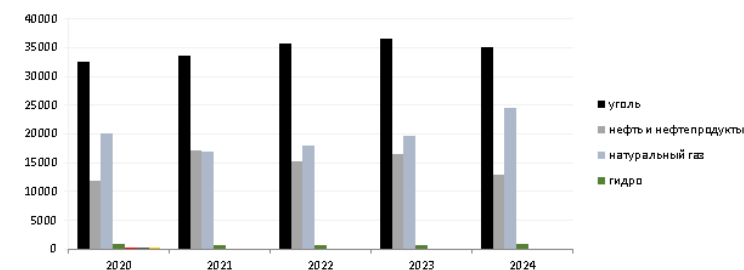


Рисунок 2 - Общее первичное потребление энергии по видам топлива в Республике Казахстан по данным Бюро национальной статистики (в 1000 тнэ).

В связи с использованием угля, как основного источника электроэнергии в Республике Казахстан, с каждым годом объем золошлаковых и зольных отходов от сжигания углей

электростанциями растет. Данный факт является одной из серьезных экологических проблем, связанных с угрозой здоровью населения и экологической безопасности (нанесение ущерба почве, растениям, атмосфере). Летучая зола может представлять угрозу, с точки зрения загрязнения почвы и грунтовых вод тяжелыми металлами.

В угольной энергетике большинства развитых стран мира в основном используются высококачественные угли с низкой зольностью (менее 10%). В топливной энергетике Казахстана в основном сжигаются высокозольные экибастузские угли (выше ~35%) и карагандинские угли (выше ~26%). Поэтому угольная энергетика является источником загрязнения окружающей среды за счет отходов сжигания топлива [8], [9].

Общий выход золы от сжигания углей в республике составляет ~19 млн т в год. На сегодняшний день, количество золы, накопленной в отвалах, – более 300 млн т [4].

Из золошлаковых отходов из угля, вырабатываемых ТЭЦ, в Казахстане перерабатывается около 10 % золы (менее 1,9 млн тонн). Республика Казахстан занимает 8-е место в мире по разведанным запасам угля, содержит 3,4 % мировых запасов в недрах и входит в десятку крупнейших производителей угля на мировом рынке [10].

Таким образом, анализ мировых тенденций развития энергетики и структуры производства электроэнергии показывает, что несмотря на активное развитие возобновляемых источников энергии, уголь по-прежнему остается одним из основных видов топлива в мировой энергетике. Значительные объемы его использования сопровождаются образованием большого количества золошлаковых отходов, которые относятся к числу наиболее масштабных промышленных твердых отходов. Накопление золы и шлаков на полигонах и золоотвалах представляет серьезную экологическую проблему, связанную с загрязнением почв, поверхностных и грунтовых вод, а также с возможным распространением токсичных микроэлементов в окружающей среде.

Для Республики Казахстан данная проблема является особенно актуальной, поскольку энергетическая система страны в значительной степени базируется на использовании угля, в том числе высокозольных экибастузских и карагандинских углей. В результате ежегодно образуются значительные объемы золошлаковых отходов, большая часть которых складывается в отвалах и золоотвалах. При этом уровень их промышленной переработки остается сравнительно низким, что приводит к постоянному увеличению

накопленных объемов отходов и усилению экологической нагрузки на окружающую среду.

В связи с этим разработка эффективных направлений комплексной переработки и утилизации золошлаковых отходов угольной энергетике приобретает особую научную и практическую значимость. Реализация современных технологий переработки золы позволит не только снизить экологические риски, но и рассматривать данные отходы как ценное вторичное сырье для различных отраслей промышленности. Для Казахстана решение данной задачи является важным элементом устойчивого развития, повышения экологической безопасности и рационального использования природных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Transforming our world: The 2030 Agenda for sustainable development // United Nations Department of Economic and Social Affairs Sustainable Development [Электронный ресурс]. – <https://sdgs.un.org/2030agenda> [дата обращения 15.03.2026].

2 2025 Statistical Review of World Energy // The energy institute [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.energyinst.org/statistical-review> [дата обращения 15.03.2026].

3 Бобылев П. Угольная промышленность как гарантия энергобезопасности и устойчивого развития России / П. Бобылев // Энергетическая политика. – № 12. – 2022. С. 50-55

4 Досмухамедов Н.К., Каплан В.А., Даруеш Г.С. Инновационная технология комплексной переработки золы от сжигания угля / Н.К. Досмухамедов, В.А. Каплан, Г.С. Даруеш // Уголь. – №1. – 2020. С. 58-63.

5 Истомина К.Р., Бургунутдинов А.М., Хусаинова К.А. / Возможные технологии использования золы уноса / К.Р. Истомина, А.М. Бургунутдинов, К.А. Хусаинова // TRANSPORT. TRANSPORT FACILITIES. ECOLOGY. № 1. – 2022. С. 36-44

6 Бюро национальной статистики агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. – URL: https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-industrial-production/publications/280542/?sphrase_id=1941663 [дата обращения 15.03.2026].

7 Болатжанова А.К., Мажитова С.К. Анализ рынка угля и его логистической системы в Республике Казахстан / А.К. Болатжанова, С.К. Мажитова // Материалы международной научно-практической

конференции / ЦПМ «Академия Бизнеса». – Саратов, 2022. – С. 69–76

8 Pak Y., Pak D., Ibragimova D., Matonin V., Tebayeva A. Assessment of Natural Radioactivity and Trace Element Composition of Coals and Ash and Slag Waste in Kazakhstan / Y. Pak, D. Pak, D. Ibragimova, V. Matonin, A. Tebayeva // Atmosphere №16. – 2025. С. 1–12 [на англ. яз.].

9 Шпирт М.Я. Безотходная технология. Утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых – Издательство: Недра, 1986. – 256 с.

10 Майконов А., Абдыров А.М., Шаншарова Л.С., Ниязбекова Р.К., Алдабергенова С.С., Тлегенов Р. Исследование химического состава «летучей» золы и ее влияние на прочность цементного камня / А. Майконов, А.М. Абдыров, Л.С. Шаншарова, Р.К. Ниязбекова, С.С. Алдабергенова, Р. Тлегенов // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия: Химия. География. Экология. – №3. – 2023. С. 42–50.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПЕРЕДЕЛЫ

ДЕЙГРАФ И. Э.

магистр, ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЖУНУСОВ А. К.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

БЫКОВ П. О.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЗАЯКИН О. В.

д. т. н., член-корреспондент РАН, Институт металлургии
Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург

Производство электрической энергии в Казахстане осуществляют 179 электрических станций различной формы собственности. По состоянию на 01.01.2021 г. общая установленная мощность электростанций Казахстана составляет 23621,6 МВт, располагаемая мощность – 20078,6 МВт [1]. В Республике Казахстан ежегодный объем ЗШО смесей при сжигании углей составляет около 19 млн. тонн, а в золоотвалах на данное время накоплено более 300 млн. тонн отходов [2].

Подсчитано, что только 30 % произведенных ЗШО находят применение [3], а остальная часть утилизируется на контролируемых золоотвалах или складывается в хранилищах отходов, что приводит к серьезной экологической ответственности.

В Павлодарской области топливно-энергетическая база представлена крупным Екибастузским угольным месторождением. Угли данных месторождений относятся к категории каменных и используются исключительно как энергетические. Главными потребителями угля Екибастузского угольного бассейна являются тепловые электрические станции и энергетические корпорации, расположенные в Павлодарской области.

Известно из многих источников, что при сжигании угля образуют большое количество золы – до 40 %. Зола Екибастузских углей [4] содержит свыше 40 % SiO_2 . Золы Екибастузских углей являются неисчерпаемыми сырьевыми источниками для производства глинозема. Однако, производство глинозема с использованием золошлаковых отходов (ЗШО) связано многостадийностью процесса, что приводит к удорожанию технологии.

Согласно данным таблицы 1 в ЗШО содержатся ценные элементы, такие как SiO_2 (свыше 40 %) и Al_2O_3 (свыше 16 %). Поэтому данное научное исследование направлено на поиски более дешевых и эффективных технологии извлечения ценных элементов из ЗШО. Для этого требуется разработать рациональную технологию вовлечения ЗШО в металлургические переделы [5].

Одним из эффективных способов вовлечения ЗШО в металлургический передел может быть ферросплавное производство, т.е. получение кремнистых или алюминий кремнистых сплавов (АКС), ферросилиция, ферроалюминия. Но для вовлечения ЗШО в металлургические переделы существует проблема, сопровождаемая несоответствием фракционного состава исследуемого материала.

Согласно данным приведенным в таблице 1, основная фракция (более 85 %) приходится на мелочь – меньше – 1,0 мм. Такая фракция никаким образом не может использоваться в металлургическом переделе, т.к. мелкие классы уже на первой стадии подготовки подвергаются потере в виде россыпи на ленточных конвейерах и далее улетучиваются тяготульевыми режимами, аспирационными и газоочистными установками. Таким образом, теряя до 50 % своей начальной массы.

Для определения гранулометрического состава золошлаковых отходов использовали ситовой анализ. Просеивание проводили на

ситовом анализаторе. Результаты ситового анализа и химического состава пробы ЗШО приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Ситовой и химический анализ золошлаковых отходов

К л а с с крупности, мм	Выход класса, %	Содержание элементов, %				Распределение элементов, %				Распределение несгоревшего углерода, %
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	
+1,0	11,7	44,59	12,22	16,92	0,96	11,77	13,6	9,88	11,4	2,0
-1,0 +0,25	10,4	43,79	8,36	20,56	0,92	10,26	8,3	10,67	10,0	7,38
-0,25 +0,1	57,5	44,24	8,98	20,65	0,98	58,0	49,0	59,2	58,3	24,92
-0,1 +0,056	13,6	43,14	14,63	20,23	0,92	13,21	18,9	13,72	13,0	36,91
-0,056 +0	6,8	44,35	15,68	19,31	1,11	6,76	10,2	6,53	7,3	28,79
Итого	100					100	100	100	100	100

Из результатов ситового анализа золошлаковых отходов следует, что основная масса представлена классом – 0,25+0,1 мм, количество которой около 60,0 %. Распределение несгоревшего углерода по размерам делает очевидным, что примерно 65,7 % от общего количества приходится на фракцию – 0,25+0. [4, с 59]

Учитывая вышеизложенное, целесообразно рассмотреть использование золошлаковых отходов в качестве сырьевой базы для получения кремний-алюминий содержащих окатышей с последующим их применением в производстве ферроалюминия.

Для получения окатышей в состав шихты вводили следующие материалы в количестве:

- золошлаковые отходы – 80 %;
- алюминиевый (вторичный) шлак – 10 %;
- кокс – 10 %.

В качестве связующего использовали 30-% водный раствор лигносульфаната. Окатыши получали на тарельчатом окомкователе рисунок 1.



Рисунок 1 – Лабораторный тарельчатый окомкователь

Прочность как сырых, так и сухих окатышей является одним из основных физико-механических характеристик окомкованного материала. Как отмечалось выше, в металлургии существует множество технологических операций, связанные с транспортировкой, перегрузками и т.д. Поэтому к окомкованным материалам (окатыши, брикеты, агломераты) есть технологические требования по прочности. Такие материалы не должны разрушаться при транспортировке и их прочность должна сохраняться при нагреве до высоких температур в печных агрегатах.

Согласно вышесказанному, полученные окатыши подвергались испытанию на сбрасывание сырых окатышей. Сбрасывание проводили с высоты 1 метр, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытания сырых окатышей на сбрасывание

Номер пробы	Количество сбрасываний до разрушения
1	3
2	3
3	2
4	3
5	2
6	3
7	4

8	3
9	2
10	3
Среднее значение	2,8

Для повышения прочности окатышей проводили сушку в муфельной печи ПМВ-4000 при изменении температурного режима - 300, 400, 500 и 600 °С. После сушки, окатышей подвергали испытанию на прочность, с использованием испытательной машины ПМР-МГ4 (диапазон измерений 0,06–3 кН, пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы γ 1%). Общий вид испытательной машины приведен на рисунке 2. Полученные экспериментальные данные были обработаны и представлены в виде графической зависимости на рисунке 3.



Рисунок 2 – Испытательная машина ПМР-МГ4

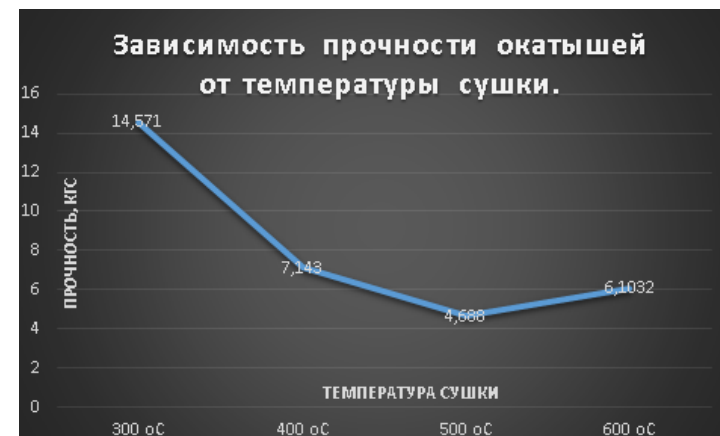


Рисунок 3 – Зависимость прочности окатышей от температуры сушки

Анализ полученной графической зависимости показывает, что температура сушки оказывает существенное влияние на прочностные характеристики окатышей. При повышении температуры сушки наблюдается изменение прочности образцов, максимальное значение данного показателя достигается при температуре 300 °С. Дальнейшее увеличение температуры 400–600 °С не приводит к росту прочности окатышей, а наблюдается её снижение. Вероятно, это связано с интенсивным удалением влаги. Таким образом температура 300 °С может рассматриваться как оптимальная для сушки окатышей и обеспечения необходимых им прочностных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Умбетова Ш.М. Техногенные отходы и пути их вторичной переработки // Ш.М. Умбетова // Вестник КазНТУ, 2009. – № 1. – С. 23–26.
- 2 Bakirov, A.; Zhunusov, A.; Bulenbayev, M.; Ramazanova, R. Research of the Enrichment of Ash and Slag Waste from Coal Combustion at Thermal Power Plants Using the Flotation Enrichment Method. International Review of Mechanical Engineering (I.R.E.M.E.) 2024, 18(8), 396-405.
- 3 Bakirov, A.; Abdullina, S.; Zhunusov, A.; Oleynikova, N. Preliminary Chemical Activation of Ash Waste with Release of Carbon Concentrate. Chemical Engineering Transactions 2021, 88, 973 – 978.

4 Bakirov A., Zhunusov A., Oleinikova N., Ramazanova R. Studies of the sintering method of ash and slag waste for the production of alumina from self-disintegrating sinters. Heliyon. 2024.10 (21) e39117

5 Zhunussov A.K., Zhunusova A.K., Kenzhebekova A.E., Bakirov A.G., Tyulyubaev R.A. Study of the use of aluminium-containing waste in ferrosilicon production. Journal of Alloys and Metallurgical Systems. 2025, 12, 100224.

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВОГО ШЛАКА

ЖАКСЫБАЕВ Н. А.

докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар

АБДРАХМАНОВ Е. С.

профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ТАСКАРИНА А.Ж.

PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

КУЛУМБАЕВ Н. К.

докторант, ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Алюминий является одним из наиболее востребованных конструкционных материалов современной промышленности. Его широкое применение в машиностроении, строительстве, энергетике и транспортной отрасли обусловлено сочетанием низкой плотности, высокой удельной прочности и коррозионной стойкости. По объёмам производства алюминий занимает второе место среди металлов после железа.

Согласно данным USGS, мировое производство первичного алюминия в 2025 году составило около 74 млн тонн, при этом установленная производственная мощность заводов достигала 79,7 млн тонн [1]. Увеличение масштабов производства неизбежно сопровождается ростом образования технологических отходов, одним из наиболее значимых из которых является алюминиевый шлак.

Алюминиевый шлак образуется при плавке и рафинировании алюминия вследствие окисления расплава при контакте с атмосферой. Он представляет собой сложную гетерогенную систему, содержащую металлический алюминий, оксид алюминия, нитрид алюминия, карбиды и различные солевые соединения [2]. Содержание металлического алюминия в шлаке может достигать 20–80 % в зависимости от условий плавки и состава исходного сплава [3].

Переработка алюминиевого шлака имеет важное экономическое значение, поскольку позволяет возвращать значительное количество металла в производство. Кроме того, эффективная утилизация шлака способствует снижению экологической нагрузки и уменьшению объёмов складированных отходов [4].

В мировой практике разработано множество технологий переработки алюминиевого шлака, включая термические, механические и комбинированные методы. Однако выбор оптимальной технологии зависит от состава шлака, энергетических затрат, экологических требований и особенностей промышленного оборудования.

Роторные солевые печи являются наиболее распространённым промышленным оборудованием для переработки алюминиевого шлака. В процессе обработки шлак плавится в присутствии солевой смеси, обычно содержащей хлориды натрия и калия. Соль выполняет функции защитного флюса, предотвращая окисление металла и способствуя отделению алюминия от оксидной фазы [5].

Основным преимуществом данной технологии является высокая степень извлечения алюминия. Современные модификации роторных солевых печей позволяют обеспечивать извлечение металла на уровне более 90 %, тогда как на ранних этапах развития технологии этот показатель составлял около 70–85 %.

Однако использование солевых флюсов приводит к образованию значительного количества солевого остатка, требующего дальнейшей переработки или утилизации.

В последние десятилетия активно развиваются технологии бессолевого переработки алюминиевого шлака. В таких установках шлак подвергается нагреву и перемешиванию без применения солевых флюсов. Металлический алюминий отделяется за счёт различия плотностей и механического воздействия вращения печи [6].

К преимуществам данной технологии относятся:

- отсутствие солевых отходов;
- снижение экологической нагрузки;
- уменьшение эксплуатационных затрат.

Однако эффективность извлечения алюминия обычно несколько ниже по сравнению с солевыми печами.

Одной из наиболее известных бессолевых технологий является процесс DROSRITE, разработанный компанией PyroGenesis (Канада). Технология основана на обработке горячего шлака в специальной вращающейся печи с контролируемой атмосферой [7]. Процесс позволяет извлекать алюминий непосредственно из горячего шлака,

образующегося в плавильных печах, что значительно повышает энергоэффективность процесса переработки алюминиевых шлаков и снижает дополнительные энергетические затраты.

Центробежные установки типа ECOCENT используют принцип разделения фаз под действием центробежных сил. При вращении барабана металлический алюминий отделяется от оксидной фазы и выводится из установки [8].

Основными преимуществами технологии являются:

- высокая эффективность разделения фаз;
- отсутствие солевых отходов;
- относительно низкие энергозатраты.

Механические сепараторы применяются для переработки охлаждённого алюминиевого шлака. Одним из известных примеров является оборудование компании DIDION, использующее вибрационные и механические методы разделения металлической и неметаллической фракций [9]. Такие установки позволяют эффективно извлекать алюминий из гранулированного шлака без применения высоких температур.

К механическим методам извлечения металла также относится прессование алюминиевого шлака. Данный метод основан на механическом извлечении металлической фазы из горячего шлака под действием высокого давления. Шлак помещается в пресс-камеру, где под воздействием гидравлического усилия происходит выдавливание расплавленного алюминия через специальные отверстия или каналы, тогда как оксидная фаза остаётся в виде плотного остатка [10].

Данный метод применяется на ряде алюминиевых заводов для обработки горячего шлака непосредственно после его снятия с поверхности расплава. Основным преимуществом технологии является возможность извлечения металла без дополнительного плавления и применения солевых флюсов.

К преимуществам метода относятся:

- низкие энергозатраты;
- отсутствие солевых отходов;
- высокая скорость обработки горячего шлака.

Однако эффективность метода зависит от температуры и пластичности металлической фазы, поэтому технология применяется преимущественно для переработки свежего горячего шлака.

Степень извлечения алюминия из шлака существенно зависит от температуры переработки, поскольку при повышении температуры

снижается вязкость металлической фазы и облегчается её отделение от оксидной составляющей. В первом приближении данная зависимость может быть представлена линейным выражением (1):

$$\eta = aT + b \quad (1),$$

где η — степень извлечения алюминия, %;

T — температура переработки шлака, °C;

a, b — эмпирические коэффициенты.

Однако чрезмерное повышение температуры может приводить к увеличению потерь металла вследствие окисления, поэтому для каждого типа оборудования существует рациональный температурный диапазон переработки.

Одним из перспективных направлений является использование сверхгравитационного разделения. В таких установках создаётся сильное центробежное поле, ускоряющее разделение фаз с различной плотностью.

Исследования показывают, что применение сверхгравитационных полей позволяет значительно повысить степень извлечения металлической фазы из алюминиевого шлака.

Переработка алюминиевого шлака приобретает всё большее значение в связи с ростом себестоимости производства первичного алюминия. Переработка вторичных алюминийсодержащих материалов требует значительно меньших энергозатрат по сравнению с производством первичного алюминия, поскольку исключается энергоёмкая стадия электролиза. В связи с этим в течение многих лет ведутся исследования по разработке технологических машин и оборудования для увеличения эффективности, и снижения себестоимости производства алюминия из шлака (таблица 1, рисунок 1).

Эволюция технологий переработки алюминиевого шлака характеризуется не только повышением степени извлечения алюминия, но и изменением принципов работы оборудования — от простого механического отделения металла до центробежных и сверхгравитационных методов разделения фаз.

Таблица 1 – Технологическая эволюция оборудования для переработки алюминиевого шлака

№	Период внедрения	Технология	Принцип извлечения алюминия	Извлечение Al, %	Энергозатраты, кВт·ч/т	Источник
1	1950–1970	Ручная переработка	Механическое отделение металла	40–60	800–1000	[6,4]
2	1970–1990	Ревёрбераторные печи	Плавнение + гравитационное отделение	50–70	700–900	[5,6]
3	1980–2000	Роторная солевая печь	Плавнение с соевым флюсом	70–85	600–750	[5,6]
4	1985–2005	Наклонная роторная печь	Плавнение + перемешивание расплава	80–90	550–700	[5,6]
5	2000–2015	DROSRITE (бессолевая термическая обработка)	Термическая обработка без солей, механическое отделение	85–92	450–600	[7,10]
6	2005–2018	Центробежная установка ECOCENT	Центробежное разделение фаз	85–90	400–550	[8,10]
7	2020–н.в.	Super-gravity separation (экспериментально)	Сверхгравитационное разделение фаз	≈95	350–500	[10]

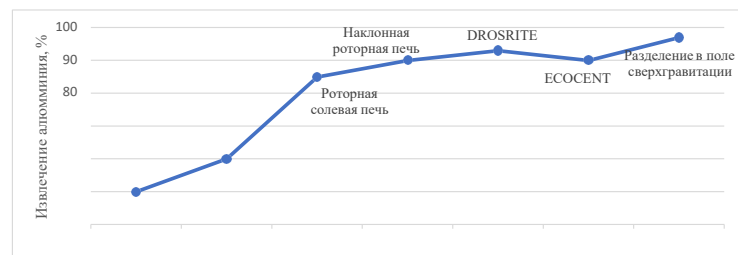


Рисунок 1 – Эволюция технологий переработки алюминиевого шлака

Анализ представленных данных показывает, что развитие технологий переработки алюминиевого шлака сопровождается постепенным повышением степени извлечения металла и снижением энергозатрат. Наиболее распространёнными остаются роторные солевые печи, обеспечивающие высокую степень

извлечения алюминия. Однако использование солевых флюсов приводит к образованию вторичных отходов.

Наиболее перспективными являются бессолевые технологии и центробежные методы разделения, позволяющие снизить экологическую нагрузку и повысить энергоэффективность процессов переработки.

Таким образом, развитие технологий переработки алюминиевого шлака характеризуется переходом от энергоёмких термических процессов к комбинированным механико-термическим схемам, обеспечивающим более высокую энергоэффективность и экологическую безопасность.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries: Aluminum. Washington, DC: USGS, 2026. 78 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2026/mcs2026-aluminum.pdf> (дата обращения: 15.03.2026).
- 2 Zhang L., Jahanshahi S. Recycling of aluminum dross and salt cake // Journal of Cleaner Production. – 2011. – Vol. 19. – P. 125–132. DOI: 10.1016/j.jclepro.2010.09.009
- 3 Ozer A., Gulsoy O. Aluminum dross recycling // Materials Science Forum. – 2005. – Vol. 475–479. – P. 185–188. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.475-479.185
- 4 Tsakiridis P. E. Aluminium salt slag characterization and utilization // Journal of Hazardous Materials. – 2012. – Vol. 217–218
- 5 Drouet M. G. Dross treatment in a rotary arc furnace // JOM. – 1994. – Vol. 46. – P. 26–29. DOI: 10.1007/BF03259838
- 6 Schmitz C. Handbook of Aluminium Recycling. – Düsseldorf: Vulkan Verlag, 2006. – 312 p. [на англ. яз.].
- 7 PyroGenesis Canada Inc. DROSRITE Process Technology. Montreal, 2018. – 35 p. URL: <https://www.pyrogenesis.com/our-technologies/drosrite/>
- 8 Neikov O. Handbook of Non-Ferrous Metal Powders: Technologies and Applications. – Amsterdam: Elsevier, 2009. – 984 p.
- 9 Didion International Inc. Aluminum Dross Processing Technology. 2015. – Technical documentation. – 24 p. URL: <https://www.didion.com/products/aluminum-dross-processing/>
- 10 Peel A., Herbert J., Connaughton R., Cotton H. Preserving Metal Units Utilising the Latest Generation of Aluminium Dross Press // Materials Science Forum. – 2011. – Vol. 693. – P. 33–43. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.693.33

CURRENT STATE OF COAL PRODUCTION IN KAZAKHSTAN AND THE ISSUE OF COAL WASTE GENERATION

ZHAKAN A.

Doctoral student, Toraighyrov University, Pavlodar

ZHUNUSOV A.

Candidate of Technical Science, Professor, Head of the Department of
Metallurgy, Toraighyrov University, Pavlodar

MAKHAMBETOV YE.

PhD, Associate Professor, Head of the Laboratory
of «Ferroalloys and Recovery Processes»

Zh.Abishev Chemical and Metallurgical Institute, Karaganda

Coal is currently one of the main fuel and raw material resources for the global energy and metallurgical industries. It is widely used for electricity generation, in ferrous metallurgy through coke production, as well as in various technological processes. The relative availability of coal, its abundant reserves, and its high calorific value ensure that it remains a stable component of the fuel and energy balance in many countries. Despite the rapid development of renewable energy sources in recent decades, coal has not lost its importance as a reliable source of energy for industrial production [1].

At the global level, coal production volumes are measured in billions of tons annually. Coal mining is geographically widespread, with the largest share of production concentrated in Asia, North America, and Australia. In particular, the demand for coal remains high in countries where the electric power sector is rapidly developing. According to statistical data for 2024, global coal production amounted to 9241.5 million tons [2]. The coal production volumes by country are presented in Table 1.

Table 1 – Global Coal Production in 2024

Country	Million tonnes
China	4780.0
India	1085.1
Indonesia	836.1
United States (USA)	464.6
Australia	462.9
Russia	427.2
South Africa	235.0
Kazakhstan	112.6

Mongolia	106.5
Germany	91.9

According to the data presented in Table 1, the largest share of coal production belongs to China, accounting for more than half of global output. Other major producers include India and Indonesia. In the United States, Australia, and Russia, coal production ranges from 427.2 to 464.6 million tons. Although the production volumes in South Africa, Kazakhstan, Mongolia, and Germany are relatively lower, these countries remain important coal suppliers for regional energy systems and industrial sectors.

In Kazakhstan, coal production in 2024 amounted to 112.6 million tons, demonstrating the stable role of coal in the country's fuel and energy complex. Of this amount, 65.7 million tons were supplied to power plants and thermal power stations, 29.5 million tons were exported, 6.0 million tons were directed to industrial enterprises, and 8.6 million tons were used for household needs and consumption by the population. The remaining volume was allocated to technological losses and other production requirements.

In Kazakhstan, hard coal, lignite, and coking coal are produced. More than 90% of the country's coal reserves are concentrated in the central and northern regions of the republic. In terms of coal reserves, Kazakhstan ranks eighth in the world. The available balance reserves are estimated to last for approximately 300 years, even under conditions of active exploitation at the current rate of production. This indicator confirms the significant coal resource potential of Kazakhstan and its important role in ensuring the country's long-term energy security [3].

The largest coal reserves within the territory of Kazakhstan are concentrated in several major coal basins. The Karaganda Basin possesses the largest reserves, estimated at 43.7 billion tons, followed by the Torgai Basin with 51.2 billion tons, the Ekibastuz Basin with 10 billion tons, the Maykuben Basin with 5.4 billion tons, and the Tengiz-Korgynkol Basin with 2.6 billion tons [4].

The development of coal deposits depends on the geological occurrence conditions and the thickness of coal seams and is carried out using open-pit (surface), underground (shaft), or combined open-underground mining methods. The selection of the extraction method is determined by the mining and geological characteristics of the deposit as well as by technical and economic feasibility considerations. If the coal seam is located close to the surface or reaches the ground level, the

open-pit method is applied, whereas deposits occurring at depths of up to 1 km are typically developed using the underground mining method.

Currently, approximately 90% of coal in Kazakhstan is produced by the open-pit method, while the share of underground mining does not exceed 8-10%. The open-pit method is characterized by large-scale industrial operations and high productivity, providing a relatively low production cost. In contrast, the production cost of coal extracted by underground methods is often 2-4 times higher than that of open-pit mining, which limits its investment attractiveness. In some deposits, depending on geological conditions, a combined mining method may also be applied [5].

The produced coking coal must meet the quality requirements established for use in metallurgical production. Therefore, coal is necessarily subjected to a beneficiation process, during which its ash content is reduced and the required granulometric and technological characteristics are achieved. The coal concentrate obtained after beneficiation is supplied both to domestic metallurgical enterprises and for export deliveries.

Coal is a complex organic material containing various mineral impurities of different physicochemical nature. The useful part of coal is the combustible matter, which mainly consists of carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen, and sulfur. Moisture and mineral impurities are considered ballast components, while certain elements, such as sulfate sulfur and phosphorus, especially in coals intended for coking, are classified as harmful impurities.

To ensure the efficient utilization of coal, its quality must be improved. This is achieved by mechanically separating ballast and harmful impurities, classifying coal by particle size, and sorting it into grades according to the requirements of major consumers. The combination of these processes is referred to as coal beneficiation.

The mineral substances contained in mined coal are divided into two groups according to their separability during beneficiation. The first group includes very fine mineral particles and salts that are uniformly distributed within the coal mass and are firmly bound to the organic matter. In practice, such impurities cannot be separated using conventional mechanical beneficiation methods.

The second group includes fragments of clay, sandstone, and limestone interlayers within coal seams, as well as adjacent rocks (roof and floor rocks) that enter the coal during mining. These impurities can be partially or completely removed during the beneficiation process.

The amount of mineral impurities in coal is characterized by its ash content. Ash content is determined by burning a coal sample under standardized conditions. It is one of the key quality indicators in coal beneficiation and processing. However, during the determination of ash content, the mass of mineral impurities changes due to processes such as the release of chemically bound water and carbon dioxide, among others. As a result, the mass of ash obtained is always lower than the initial mass of mineral impurities present in the coal.

The increase in the volume of coal beneficiation and the intensification of processing rates lead to a proportional growth in the amount of slurry waste generated. In particular, during the treatment of fine fractions by gravitational and flotation methods, highly dispersed coal slurry is formed. Although these slurries contain a certain proportion of combustible components, they are predominantly composed of clay minerals, quartz, carbonates, and other inorganic impurities. Their fine dispersity, high ash content, and elevated moisture levels significantly limit their direct use as a fuel [6-7].

The diversity of physicochemical properties of processed slurries, as well as the technological features associated with the purification of slurry waters, results in a wide variety of slurry processing schemes. Consequently, the composition and number of technological operations vary depending on specific production conditions and require an individualized technological approach.

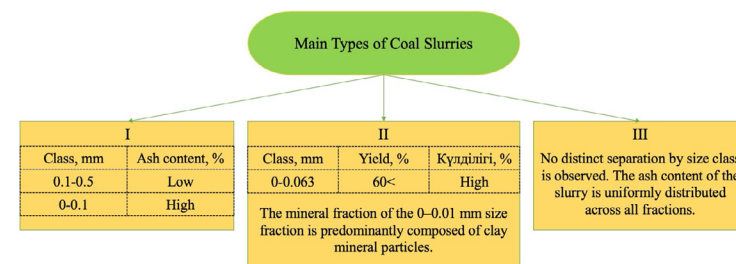


Figure 1 – Classification of the Main Types of Coal Slurries

Figure 1 presents three main types of coal slurries, classified based on their granulometric composition and ash distribution. The classification is based on the distribution characteristics of mineral and combustible components across different size fractions. In the first type, mineral impurities predominantly accumulate in the fine fractions. The

second type is characterized by high dispersity and elevated ash content. In the third type, no pronounced fraction-wise separation is observed, meaning that the ash content is relatively uniformly distributed across the fractions. Such classification makes it possible to assess the technological properties of slurries and determine the most efficient processing routes. When selecting a method for slurry utilization, it is important to consider the physicochemical characteristics of the solid phase in the slurry storage facilities, as well as to identify the priority zones for processing.

Coal slurries accumulated over long periods retain a significant amount of combustible material; however, their high ash content, high moisture content, and unstable granulometric composition make their efficient utilization using conventional technologies difficult. For this reason, there is a need to develop special technological solutions for the integrated processing of coal slurries.

One of the promising approaches is the preliminary dewatering of slurries followed by agglomeration, which makes it possible to obtain a product with high mechanical strength that is convenient for transportation and storage. This approach allows the combustible components contained in the slurries to be returned to the industrial cycle, while simultaneously reducing the environmental burden.

REFERENCES

1 Nurmukhanbetov, Zh.U. Investigation and Development of Technology for the Production and Utilization of Special Coke for Ferroalloy Smelting: Ph.D. Dissertation in Technical Sciences, 05.16.02; Chemical-Metallurgical Institute (KhMI), Karaganda, Kazakhstan, 2006; 127 p.

2 Visual Capitalist. Ranked: The World's Largest Coal-Producing Countries in 2024. Available online: <https://www.visualcapitalist.com/ranked-the-worlds-largest-coal-producing-countries-in-2024/> (accessed on 5 March 2026).

3 Zhuniskaliev, T.T. Development of the Theoretical Foundations and Improvement of the Technology for Producing Complex Ligatures of the Fe-Si-Mn-Al System Using High-Ash Coals and Manganese Ores of Kazakhstan: PhD Dissertation, Specialty 6D070900; Temirtau, Kazakhstan, 2022; 146 p.

4 U.S. Energy Information Administration (EIA). Kazakhstan: International Energy Data and Analysis. Available online: <https://www.eia.gov/international/analysis/country/KAZ> (accessed on 5 March 2026).

5 International Energy Agency (IEA). Coal in Kazakhstan. Available online: <https://www.iea.org/countries/kazakhstan/coal> (accessed on 5 March 2026).

6 Seregin, A.I. Processing of Coal Slurries into Commercial Products Using Non-Traditional Physicochemical Treatment: Candidate of Technical Sciences Dissertation, Specialty 05.17.07 - Chemistry and Technology of Fuels and Special Products; Moscow, Russia, 2009; 261 p.

7 Makhambetov, Y.; Zhakan, A.; Zhunusov, A.; Kabykanov, S.; Burumbayev, A.; Sadyk, Z.; Akhmetov, A.; Uakhitova, B. Resource-Efficient Smelting Technology for FeCrMnSi Ferroalloy Production from Technogenic Wastes in an Ore-Thermal Furnace. *Metals* 2025, 15, 1318. <https://doi.org/10.3390/met15121318>

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВИБРАЦИИ И ПРОДЛЕНИЮ СРОКА СЛУЖБЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАСОСОВ

МАЗДУБАЙ А. В.

PhD, зав.каф., Торайгыров университет, г. Павлодар

ШИЛОВ А. А.

студент, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье рассматриваются мероприятия по снижению вибрации и повышению ресурса технологических насосов. Эксплуатация насосного оборудования в условиях повышенных нагрузок и перепадов давления сопровождается возникновением вибрационных процессов, оказывающих существенное влияние на надежность агрегатов.

Повышенная вибрация является одной из основных причин преждевременного выхода насосов из строя, поскольку приводит к ускоренному износу подшипников и нарушению герметичности уплотнений [1]. Для предприятий нефтегазовой отрасли это особенно критично, так как может приводить к внеплановым остановкам и сбоям в технологическом процессе.

Следует отметить, что даже при наличии современных систем вибродиагностики на практике нередко можно увидеть превышения допустимых уровней вибрации. Это связано не только с износом оборудования, но и с такими факторами, как нарушение соосности, кавитация и гидродинамические воздействия [2].

Целью работы является разработка комплекса мероприятий по снижению вибрации и увеличению срока службы технологических насосов.

Центробежные насосы (Рисунок 1) широко применяются в нефтегазовой отрасли благодаря высокой производительности и надежности. Однако в процессе эксплуатации они подвергаются значительным нагрузкам, что приводит к возникновению колебаний элементов конструкции [3].

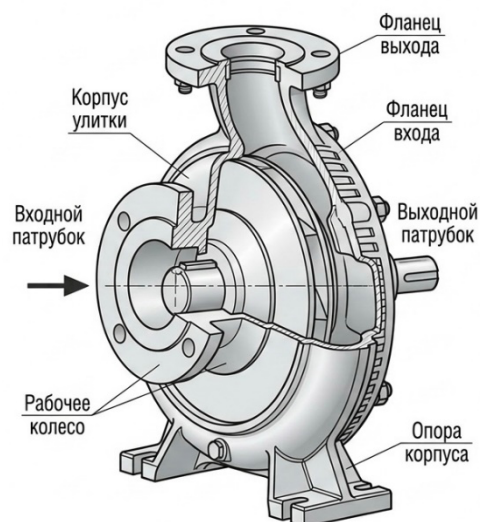


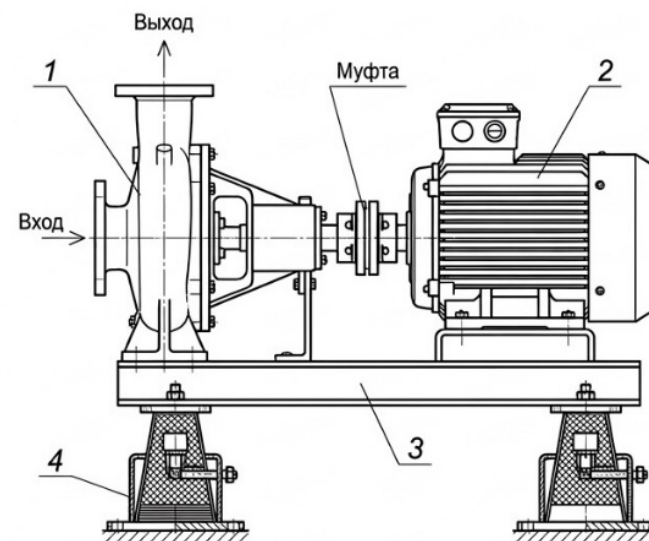
Рисунок 1 – Схематическое строение центробежного насоса

Согласно данным исследований, увеличение уровня вибрации в два раза, может существенно сократить ресурс подшипников. Поэтому контроль вибрационных параметров является важной частью технического обслуживания.

Основными причинами возникновения вибрации являются: дисбаланс ротора, несоосность валов, гидродинамические воздействия и конструктивные особенности. В связи с необходимостью снижения вибрации особое внимание уделяется конструктивным методам виброзащиты.

Одним из наиболее перспективных направлений является применение пассивных виброизоляторов, способных изменять свои характеристики в зависимости от условий работы оборудования.

В отличие от традиционных резиновых опор, обладающих постоянной жесткостью, современные виброизоляторы могут иметь нелинейную характеристику. Это позволяет им более эффективно гасить колебания в широком диапазоне частот и предотвращать возникновение резонансных режимов. Следует отметить, что при эксплуатации насосного оборудования часто наблюдаются переменные нагрузки, при которых стандартные изоляторы работают недостаточно эффективно. В таких условиях применение виброизоляторов с переменной жесткостью (Рисунок 2) позволяет адаптировать динамические характеристики агрегата.



1 – центробежный насос; 2 – электродвигатель; 3 – опорная рама;
4 – виброизолятор с переменной жесткостью (4шт.)

Рисунок 2 – Схема технологического насоса с виброизолятором с переменной жёсткостью:

Для описания работы таких систем используется модель нелинейной динамики, в которой восстанавливающая сила зависит от величины деформации. Работа виброизолятора описывается уравнением Дуффинга:

Где – линейная жесткость (Н/м), а – коэффициент нелинейности (Н/м³) обусловленной увеличением площади контакта конуса с корпусом при нагрузке.

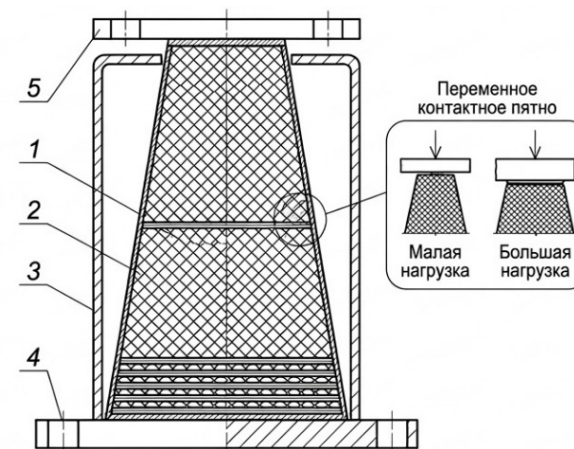
Полученная зависимость отражает нелинейный характер работы виброизолятора. В отличие от линейных систем, где жесткость остается постоянной, в данном случае она изменяется в зависимости от величины деформации.

При увеличении амплитуды колебаний происходит рост эффективной жесткости системы. Это приводит к изменению собственной частоты агрегата и снижению вероятности возникновения резонансных режимов.

Таким образом, применение виброизоляторов с нелинейной характеристикой обеспечивает эффект самонастройки системы. Это особенно важно для насосного оборудования, работающего в условиях переменных нагрузок. Снижение амплитуды колебаний приводит к уменьшению динамических нагрузок на подшипниковые узлы и уплотнения, что способствует увеличению ресурса оборудования. Подобные эффекты описаны в работах, посвящённых анализу вибрации насосных агрегатов [4]. Дополнительно в исследованиях, направленных на повышение ресурса оборудования за счёт оптимизации режимов работы, также отмечается положительное влияние снижения вибрации [5].

Конструктивная реализация виброизоляторов с нелинейной характеристикой жесткости (Рисунок 3) основана на использовании элементов с переменным контактным взаимодействием. В качестве рабочего элемента применяется композитный сердечник конической формы. Такая геометрия обеспечивает изменение площади контакта между сердечником и корпусом при нагружении, что позволяет реализовать требуемые динамические свойства системы.

Дополнительно конструкция включает армирующие металлические элементы, повышающие прочность и устойчивость к циклическим нагрузкам, а также ограничительный корпус, предотвращающий чрезмерные деформации. Представленная конструкция позволяет обеспечить надежную работу виброизолятора в условиях реальной эксплуатации насосного оборудования.



1 – конусный сердечник из нелинейного композита; 2 – металлические армирующие слои; 3 – ограничительный корпус; 4 – нижний фланец основания; 5 – верхний фланец крепления
Рисунок 3 – Схематическое изображение конструкции виброизолятора

В работе рассмотрены причины возникновения вибрации в технологических насосах и предложен способ их снижения с использованием виброизоляторов с нелинейной характеристикой. Показано, что применение таких устройств позволяет снизить уровень вибрации, уменьшить нагрузку на элементы конструкции и увеличить срок службы оборудования.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенных решений на предприятиях нефтегазовой отрасли для повышения надежности оборудования, снижения уровня вибрации и сокращения эксплуатационных затрат.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гольдштейн Р. В., Ушаков Б. А. Надежность и диагностика машин. – М.: Машиностроение, 2019.
- 2 Латыпов Р. Р. Вибродиагностика промышленного оборудования. – Уфа: УГНТУ, 2018.
- 3 Бобров М. И. Насосы и насосные станции: конструкция, эксплуатация и диагностика. – СПб.: Питер, 2020.

4 Ковальчук А. А., Мариненко К. В. Анализ причин вибрации центробежных насосов // Вестник нефтегазовой науки. – 2021. – №4.

5 Хуснутдинов И. Р., Зиятдинов Д. Л. Повышение ресурса насосов // Оборудование нефтегазовой отрасли. – 2020. – №7.

МЕТАЛЛОТЕРМИЯЛЫҚ ТОТЫҚСЫЗДАНДЫРУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ИНДУКЦИЯЛЫҚ ПЕШТЕ БОЛАТТЫ ХРОММЕН ТІКЕЛЕЙ ЛЕГІРЛЕУ

ТӨЛЕУҚАДЫР Р. Т.

докторант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

АХМЕТОВ А. С.

PhD, Ж. Әбішев атындағы химия-металлургия институты, Қарағанды қ.

ЖУНУСОВ А. К.

т.ғ.к., доцент, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

ЗАЯКИН О. В.

т.ғ.д., Ресей ғылым академиясы Орал бөлімшесінің Metallургия институты,
Екатеринбург қ., Ресей Федерациясы

Легіріленген болаттарды балқыту әдістерін балқыту процесінде қолданылатын негізгі технологиялық агрегатқа қарай жіктеуге болады. Оларға конвертерлер, мартен пештері, электрдоғалық және индукциялық пештер, сондай-ақ пештен тыс өңдеу агрегаттарын қолданатын біріктірілген технологиялық бағыттар жатады [1, 2]. Әдістердің алуан түрлілігіне қарамастан, легірлеуші элементтер әдетте металл күйінде енгізіледі, негізінен феррокорытпалар (ферросилиций, ферромарганец, феррохром және т.б.) түрінде [3, 29 б.]. Олардың кеңінен қолданылуы технологиялық тұрғыдан қолайлылығымен және тұрақты сіңірілуімен түсіндіріледі, алайда бірқатар кемшіліктерімен қатар жүреді, мысалы, қажетсіз қоспалардың болуы және жоғары сапалы, әсіресе төмен көміртекті маркалардың жоғары құны [3, 30 б.].

Коррозияға төзімді болаттар үшін негізгі легірлеуші элемент хром болып табылады: оның мөлшері шамамен 12 %-дан асқанда тұрақты пассивті оксидті қабықша түзіліп, жоғары коррозиялық төзімділікті қамтамасыз етеді. Мұндай болаттарды алудың ең кең таралған технологиясы - феррохромды (ФХ) қолдану. Ол электрдоғалық пештің шекқұрамына енгізіліп, кейін болатты пештен тыс агрегаттарда, ең алдымен аргон-оттекті конвертерлерде (AOD) рафинирлеу (әсіресе көміртегінсіздендіру) арқылы өңделеді

[4, 257 б.]. Бұл технологиялық бағыт шикізатты екі рет балқытуды және көміртегіні жою бойынша қосымша операцияларды қамтиды, нәтижесінде энергия мен ресурстар шығыны артады [5, 86 б.]. ФХ өндірісі аса энергиясыйымды процесс болып табылады (3-4,7 МВт·сағ/т), сонымен қатар хромның 30 %-ға дейін жоғалуымен және экологиялық тұрғыдан қауіпті хромқұрамды қождардың түзілуімен қатар жүреді [6, 1745 б.].

Осыған байланысты болатты хроммен легірлеудің баламалы әдістері әзірленуде, олардың мақсаты - феррохром өндірудің жеке кезеңін алып тастау. Перспективті тәсілдердің бірі - тікелей легірлеу технологиясы. Бұл жағдайда хром болат балқымасына металл емес күйінде (мысалы, оксидтер түрінде) енгізіліп, тотықсыздандырылады. Хромқұрамды шикізатты көміртекті тотықсыздандырғышпен бірге қолдану, қож құрамын және балқыту жағдайларын түзету арқылы хромның металлға өту дәрежесін 90 % және одан жоғары деңгейге жеткізуге мүмкіндік беретіні көрсетілген [7, 8]. Процестің вакуумды-көміртекті және силико-термиялық нұсқалары хромның алынуын 95–97 % деңгейіне дейін жеткізуге мүмкіндік береді, сонымен қатар болаттағы оттегінің мөлшерін және металл емес қосындыларды азайтады [9, 121 б.].

Индукциялық пештерде тікелей легірлеуді жүзеге асыру ерекше қызығушылық тудырады, себебі олар легіріленген және тот баспайтын болаттарды балқытуда, әсіресе құю өндірістерінде кеңінен қолданылады. Индукциялық балқыту металдың тотығу деңгейінің төмен болуымен сипатталады, алайда балқыманы белсенді рафинирлеуді қамтамасыз етпейді, сондықтан мұқият таңдалған шекқұрамды пайдалануды талап етеді. Осыған байланысты индукциялық балқыту жағдайында хроммен тікелей легірлеудің тиімді әдісін әзірлеу өзекті міндет болып табылады.

Осы зерттеуде жоғары қышқылсыздандырғыш және тотықсыздандырғыш қасиеттерге ие, сондай-ақ экзотермиялық әсер бере алатын ФАСК тотықсыздандырғышын қолдану ұсынылады. Негізгі ерекшелігі - процестің вакуум қолданбай, атмосфералық жағдайда жүзеге асырылуы, бұл оның өнеркәсіптік жүзеге асырылуын жеңілдетеді. Мұндай тәсіл коррозияға төзімді қорытпаларды қажетті құрамда алу мүмкіндігін береді және феррохром өндірісінің жеке энергиясыйымды кезеңін болдырмай, технологияның экономикалық тиімділігі мен экологиялық қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді.

Шеккұрам екі бөліктен тұрды. Бірінші бөлігі болат сынықтарынан және илемдеу отқабыршағын сутекте тотықсыздандыру арқылы алынған тотықсыздандырылған темір кеуегінен тұрды. Екінші бөлігі - хром концентраты, ферроалюмосиликокальций (ФАСК) тотықсыздандырғышы және флюс - әк. Шеккұрамның екінші бөлігінің құрамын таңдау индукциялық пеште төмен көміртекті (ТК) феррохром алу бойынша бұрын жүргізілген зерттеулерге негізделді [10]. Барлық бастапқы материалдардың химиялық құрамы 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Бастапқы материалдардың химиялық құрамы

	Fe	Cr	Si	Al	Ca	C	S	P	Mn	Ti	V
Сынықтар	қал.	0,13	0,21	-	-	0,19	0,05	0,04	0,60	-	-
Темір кеук	қал.	0,09	0,10	-	-	0,07	0,03	0,02	0,15	-	-
ФАСК	қал.	-	68,35	12,45	10,12	0,69	0,018	0,040	-	0,94	0,29
	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P	ППП		
Хром концентраты	12,59	ост.	5,03	7,44	0,69	18,0	0,021	0,004	3,96		
Әк	-	-	≤ 1,8	-	≥ 92,00	-	≤ 0,03	≤ 0,02	≤ 6	-	-

Келесі балқытуларда темір кеук, хром концентраты, ФАСК және әк бөлшек өлшемі <120 мкм күйінде пайдаланылды, ал болат сынықтары шамамен диаметрі 1 см және биіктігі 0,5–1,5 см болатын шыбықша кесінділері түрінде қолданылды. Бұрын жүргізілген зерттеулерге [10] сүйене отырып, бастапқы шеккұрамның құрамы есептелді. Есептеу металл бөлігінің толықтай болат құрамына өтуі және хром концентратының оксидті компоненттеріндегі оттегінің жиынтық мөлшеріне сәйкес тотықсыздандырғыштың стехиометриялық мөлшерін анықтау болжамына негізделді.

Үш түрлі шеккұрам нұсқасы зерттелді: болат сынықтарына негізделген (1), тотықсыздандырылған темір ұнтағына негізделген (2) және олардың 1:1 қатынасындағы қоспасы (3). Құрамы келесідей болды: болат сынықтары/темір ұнтағы/олардың қоспасы – 35,4 %; Cr-концентрат – 12,5 %; ФАСК – 26,7 % және әк – 25,4 %.

Балқытулар атмосфералық жағдайда қуаты 16 кВА болатын индукциялық пеште жүргізілді. Ток күші біртіндеп 600 А-ға дейін арттырылып, 6 минут ұсталды. Негізгі тигель ретінде индукциялық әдіспен қыздырылатын графит тигельдің ішіне орналастырылған керамикалық тигель (99,9 % Al₂O₃) қолданылды. Балқыту өнімін салқындату тигель ішінде ауада жүргізілді, содан кейін металл мен қожды алу үшін отбақыр бұзылды.

Алынған металл үлгілері Zeptoools ZEM20 микроскопымен жабдықталған, Oxford Instruments ЭДС-детекторы бар сканерлеуші электрондық микроскопия әдісімен зерттелді. S, P, N, C элементтерінің мөлшері, сондай-ақ қождардың құрамы аналитикалық химияның стандартты әдістерімен анықталды, соның ішінде қышқылдық ыдырату, гравиметриялық және титриметриялық әдістемелер қолданылды.

Ток күші 450 А және одан жоғары мәндерге дейін артқан кезде шеккұрам нұсқалары арасындағы температура айырмашылығы едәуір қысқарады және 50–100 °С-тан аспайды. Мұндай құбылыс ФАСК құрамындағы компоненттердің тотығуы кезінде жүретін экзотермиялық реакциялардың дамуына байланысты, бұл қысқа мерзімді температуралық көтерілуімен қатар жүреді. Шеккұрамның екі нұсқасында да осы диапазонда температуралық тербелістер тіркеледі, онда температура шамамен ~1200 °С-тан 1400–1500 °С-қа дейін жергілікті түрде көтеріледі. Бұл қарқынды тотықсыздану процестерінің жүріп жатқанын көрсетеді.

Ток күшінің максималды мәні 600 А-ға жеткенде және 6 минуттық изотермиялық ұстау кезінде тұрақты температура 1550–1580 °С құрайды, бұл барлық шеккұрам нұсқалары үшін дерлік бірдей.

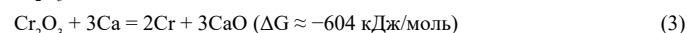
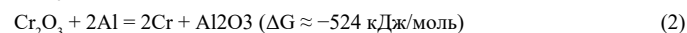
Қыздыру және ұстау циклінен кейін отбақыр пештің жұмыс аймағынан шығарылып, ауада салқындатылды. Металл алынып, өлшеніп, оның химиялық құрамы анықталды. Нәтижелер 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2 – Өртүрлі шеккұрам түрлерінен алынған метал құрамы

Шеккұрам	Fe	Cr	Si	Ti	V	C	S	P
Сынықтар	қал.	12,49	0,59	-	-	0,20	0,022	0,030
Тотықсыздандырылған ұнтақ	қал.	22,12	1,18	0,23	0,46	0,19	0,023	0,029
лома және тотықсыздандырылған ұнтақ қоспасы	қал.	16,33	0,72	0,10	0,12	0,19	0,020	0,029

Шеккұрамның құрамын және оның массасын, сондай-ақ алынған металдың массасы мен құрамын ескере отырып, хромның болатқа өту дәрежесі анықталды. Ол сәйкесінше 60, 82 және 64 % құрады.

1200 °С температурада жүретін тотықсыздану реакцияларын келесі түрде сипаттауға болады (1-3):



1200 °C температурадағы тотықсыздану реакциялары үшін Гиббс энергиясының өзгеру мәндері жоғары температуралар үшін қолжетімді термодинамикалық деректер негізінде сызықтық температуралық интерполяция әдісін қолдану арқылы анықталды. Қарастырылып отырған температуралық интервал (1200–1500 °C) салыстырмалы түрде тар болғандықтан, осы диапазонда ΔG шамасының температураға тәуелділігі сызықтық функция арқылы аппроксимациялануы мүмкін.

Бұл тәсіл алдын ала термодинамикалық талдау жүргізу кезінде және әртүрлі тотықсыздандырғыштардың тотықсыздандыру қабілетін салыстырмалы бағалау кезінде кеңінен қолданылады. Мұндай жағдайда негізгі мақсат реакциялардың салыстырмалы термодинамикалық басымдылығын анықтау болып табылады, ал тепе-теңдік параметрлерін дәл есептеу міндетті емес.

Келтірілген деректерге сүйене отырып, процестің айтарлықтай экзотермиялық сипатын атап өтуге болады, бұл өздігінен жүретін тотықсыздану режимінің қалыптасуына алғышарт жасайды. Бұған дейін ФАСК қолдану арқылы ұқсас тотықсыздандыру жағдайларында төмен көміртекті феррохромды индукциялық балқыту кезінде айтарлықтай жоғары температуралар - шамамен 2100-2200 °C дейін тіркелген болатын. Қарастырылып отырған жағдайда температураның төмен болуы тотықсыздандырғыш мөлшерінің аз болуымен, сондай-ақ экзотермиялық қызып кетудің жергілікті сипатымен түсіндіріледі. Бұл кезде бөлінетін жылу салыстырмалы түрде суық металл балқымасының көлемінде қайта таралады, оның негізін болат сынықтары мен қалпына келтірілген ұнтақ құрайды. Процестің осы кезеңінде жылу мен массаның алмасуын күшейтетін сұйық фаза қалыптасады.

Жүргізілген тәжірибелерде хромның алыну дәрежесі төмен көміртекті феррохромды жеке алу кезінде қол жеткізілетін деңгеймен шамалас болды. Хром концентратынан хромды жеке тотықсыздандыру кезінде, кремнийдің металл фазаға жағымсыз өтуін барынша азайтатын мөлшерде ФАСК қолданылған жағдайда, хромның болатқа өту дәрежесі шамамен 65 % құрады.

Салыстыру үшін атап өту керек, өнеркәсіптік жағдайда жабық руднотермиялық пештерде феррохром өндіру кезінде алдын ала

тотықтырылған окатыштарды қолданғанда хромның алыну дәрежесі әдетте 83-88 % құрайды. Ал сұрыпталмаған хромитті дәстүрлі балқыту кезінде бұл көрсеткіш әдетте 70-75 %-дан аспайды.

Индукциялық пеште хромит рудасы мен болат сынықтарының қоспасын карботермиялық тотықсыздандыру кезінде хромның алыну дәрежесі 90 %-ға дейін жететіні көрсетілген. Сонымен қатар авторлар хромның алыну тұрғысынан темір ұнтағын қолдану тиімдірек екенін атап өтеді. Алайда аталған жұмыста балқыту процесі аргон атмосферасында жүргізілген, бұл қоршаған ортаның тотықтырғыш әсерін айтарлықтай төмендетеді. Сол сияқты, болатты хроммен тікелей легірлеудің силико-термиялық процесінде индукциялық балқыту 99,999 % тазалықтағы аргон атмосферасында жүргізілгенде Cr алыну дәрежесі 95,4 %-ға дейін жеткен [10].

Алынған нәтижелер газдық атмосфераның хромның алыну тиімділігіне елеулі әсер ететінін көрсетеді. Бұл әсер бастапқы шикізаттың тотыққан табиғатымен, сондай-ақ ФАСК компоненттерінің тотығуға жоғары бейімділігімен қатар байқалады. Коррозияға төзімді болаттарды доғалық пештерде балқыту кезінде қожда 2-10 % дейін Cr_2O_3 жиналуы мүмкін екені белгілі, бұл хромның қосымша шығындарын көрсетеді. Ал вакуум жағдайында карботермиялық тотықсыздандыру кезінде CO парциалдық қысымының төмендеуі есебінен хромның алыну дәрежесі 95 %-дан да жоғары болуы мүмкін [9, 122 б.]. Алайда вакуумдық технологияларды қолдану процесті едәуір күрделендіріп, оның құнын айтарлықтай арттырады.

Осы жұмыста тотықсыздандырылған темір ұнтағын қолданған жағдайда хромның ең жоғары алыну дәрежесі шамамен 82 % болды, бұл жоғарыда аталған факторлардың жиынтық әсерімен түсіндіріледі. Сонымен қатар қождың негізділігі де маңызды рөл атқарады, себебі оның артуы хромның алыну дәрежесінің жоғарылауына ықпал ететіні белгілі. Жүргізілген тәжірибелерде барлық шекқұрам нұсқалары үшін қождың негізділігі 0,9–1,0 диапазонында болды. Бұл мәндер ФАСК қолдану арқылы индукциялық пеште төмен көміртекті феррохром балқыту бойынша базалық зерттеулерде алынған көрсеткіштерге сәйкес келеді [10]. Жалпы алғанда төмен көміртекті феррохром үшін негізділіктің 0,8–1,4 аралығы тән, бұл болашақта хромның алынуын арттыру мақсатында оны мақсатты түрде жоғарылатуға мүмкіндік бар екенін көрсетеді.

Хромды дәстүрлі түрде феррохром арқылы енгізгенде едәуір шығындар болады: өндіріс кезінде хромның 30 %-ға дейінгі бөлігі қожға өтеді, ал болатты легірлеу кезінде қосымша шығындар туындайды. Тікелей легірлеу бұл жағдайда хромның екі рет тотығуын болдырмайды. Зерттелген барлық нұсқаларда алынған металлда зиянды қоспалар аз болды ($S, P < 0,03 \%$), бұл рафинирлеу реакцияларының тиімді жүргенін көрсетеді. Мұндай нәтиже күкірт пен фосфорды қожға байланыстыратын әк қосудың әсерімен түсіндіріледі. Ұқсас әсерлер ФАСК қолданғанда төмен көміртекті феррохром алу кезінде де байқалған. Ұсынылған тәсілдің тағы бір артықшылығы — түзілген қождың тұрақтылығы. Феррохром қождарында салқындау кезінде γ -Ca₂SiO₄ фазасының түзілуінен қож өздігінен ұнтақталуы мүмкін. Ал бұл зерттеуде қож 40 тәуліктен астам сақталса да тұрақты болып, мұндай құбылыс байқалмады.

Атмосфералық жағдайда хром концентратын және ФАСК тотықсыздандырғышын пайдаланып, индукциялық пеште болатты хроммен тікелей легірлеу мүмкіндігі көрсетілді. Таңдалған шекқұрам мен балқыту режимдері вакуумсыз коррозияға төзімді болаттарға тән хром мөлшері бар металл алуына мүмкіндік береді. Хромның металлға өтуі шекқұрамға тәуелді болып, ең жоғары көрсеткіш қалпына келтірілген темір ұнтағын қолданғанда байқалды. Алынған хром шығымы төмен көміртекті феррохром өндірісіндегі деңгеймен салыстырмалы. Ферроқорытпа өндірісін өткізіп жіберу металлургиялық шығындарды азайтуға және технологияның болашағын көрсетуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Advancements in production planning and scheduling within steel manufacturing: A review and its intelligent development / Y. Wang [et al.] // International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials. 2025. № 32. P. 2322–2340
- 2 Suer J., Traverso M., Jäger N. Review of life cycle assessments for steel and environmental analysis of future steel production scenarios // Sustainability. 2022. № 14. 14131
- 3 Jalkanen H., Gasik M. Theory of ferroalloys processing // Handbook of Ferroalloys. 2013. P. 29–82
- 4 Chen X., Cheng G., Hou Y., Li J. Oxide-inclusion evolution in the steelmaking process of 304L stainless steel for nuclear power // Metals. 2019. № 9. 257

5 Bhonde P.J., Ghodgaonkar A.M., Angal R.D. Various techniques to produce low carbon ferrochrome // Proceedings of INFACON XI. 2007. P. 85–90

6 Carbon-free smelting of ferrochrome using FeAlSiCa alloy / A. Akhmetov [et al.] // Processes. 2025. № 13. 1745

7 Hu X., Wang H., Teng L., Seetharaman S. Direct chromium alloying by chromite ore with the presence of metallic iron // Journal of Mining and Metallurgy. Section B: Metallurgy. 2013. № 49. P. 207–215

8 Direct alloying steel with chromium by briquettes made from chromite ore, mill scale, and petroleum coke / X. Hu [et al.] // Steel Research International. 2017. № 88. 1600247

9 Melting and treatment of steel for casting // Foseco Ferrous Foundryman's Handbook. 2000. P. 121–129

10 Utilization of chromite spinel powder in the metallothermic smelting of low-carbon ferrochrome / Y. Makhambetov [et al.] // Processes. 2025. № 13. 2288

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ШЛАКОВ

ТЮЛЮБАЕВ Р. А.

докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЖУНУСОВ А. К.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В современных условиях существуют различные технологии по вовлечению алюминиевых шлаков в металлургический передел. Переработка алюминиевых шлаков представляет собой комплекс мероприятий, направленных на извлечение остаточного металлического алюминия и полезных соединений из отходов, образующихся в процессе плавки алюминия. Эти отходы, называемые алюминиевыми шлаками, содержат металлический алюминий, оксид алюминия (Al₂O₃), соли натрия и калия, а также различные примеси и также пригодны для использования в металлургических переделах [1].

В ряде технологий дополнительно используется химическая обработка. При этом растворяются и извлекаются соли и оксиды алюминия, что позволяет вернуть глинозём в производственный цикл. Одним из важных этапов является регенерация солей (NaCl,

KCl), применяемых как флюсы в плавильных процессах, что снижает производственные затраты и уменьшает количество отходов [2].

В результате переработки алюминиевых шлаков и отходов можно получать несколько ценных продуктов: металлический алюминий, который вновь используется в металлургии; оксид алюминия, применяемый в производстве алюминия, огнеупоров и абразивов; минеральный остаток, который может быть использован в строительных материалах, а также металлические отходы использовать в качестве волокон для улучшения свойств бетона [3]. Алюминий является привлекательным материалом для многих применений [4-6], включая транспорт, электротехническую и упаковочную промышленность, архитектуру и пищевую промышленность [7].

Главная цель переработки заключается в максимальном извлечении металлического алюминия, сокращении объёмов складываемых отходов и снижении негативного воздействия на окружающую среду, т.к алюминий является вторым по объёму использования металлом в мире, и в настоящее время переработка составляет около одной трети мирового производства этого металла. Прогнозируется, что к 2050 году эта доля увеличится до 50 % [6-8]. Среди основных преимуществ вторичной переработки – снижение капитальных затрат, экологические выгоды и необходимость на 95 % меньших энергозатрат по сравнению с первичным производством. Переработка алюминия включает извлечение металла из отходов (белый и чёрный шлаки, возникающие при первичном и вторичном плавлении соответственно), когда глинозём преобразуется в металлический алюминий, а также при переплавке алюминиевых сплавов из лома для получения деформируемых или литейных сплавов. Лом, образующийся при производственных процессах (обрезки, стружка и т. п.), как правило, имеет известный химический состав и требует лишь несложной предварительной обработки перед переработкой (измельчение и классификация при необходимости). В свою очередь, лом, полученный из отслуживших изделий (кастрюли, радиаторы, упаковка и др.), может подвергаться дополнительному обогащению (гравитационное, магнитное и вихреотокое разделение) для удаления нежелательных примесей [8].

Переработка алюминиевых отходов позволит экономить ресурсы и значительно снизить потребность в площадях для захоронения отходов [9].

Для проведения исследований были использованы алюминиевые шлаки, образующиеся при переработке вторичного алюминия на электролизных установках. Этот материал был выбран ввиду его высокой распространённости, значительного содержания Al_2O_3 и SiO_2 , а также потенциальной пригодности для получения ферросилиция. Химический состав исследуемых материалов представлен в таблице 1. Из данных таблицы 1 видно, что в алюминиевых шлаках глинозём доходит – до 67,8 %. Такой диапазон содержания глинозёма позволил экспериментально подобрать оптимальные соотношения компонентов при формировании гранул, обеспечивающие заданное отношение SiO_2/Al_2O_3 в шихте от 2,0 до 4,5 [10].

Фракционный состав исследуемого материала (таблица 2) был определён методом ситового анализа с использованием лабораторных сит и вибрационного устройства. На основании гранулометрического распределения определены оптимальные условия для гранулирования: при содержании частиц менее 0,1 мм процесс окатывания осложняется, а при доле свыше 30 % частиц более 1 мм гранулы теряют однородность. В связи с этим исходные материалы были предварительно классифицированы и доведены до требуемого размера 0,1–1 мм.

Таблица 1 – Химический состав алюминиевых шлаков

Наименование материала	Химический состав, %				
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO
Алюминиевые шлаки	12,4	67,8	0,52	4,59	4,58

Таблица 2 – Фракционный состав исследуемых золошлаковых отходов и алюминиевых шлаков, %

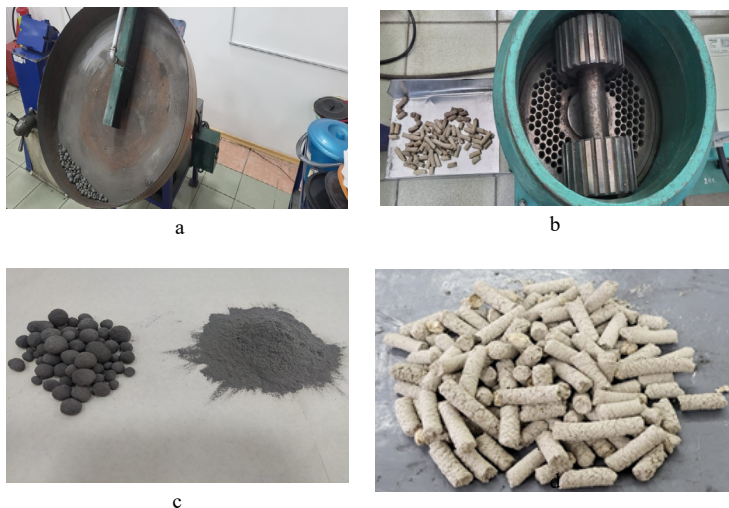
Наименование материала	Класс крупности, мм				
	0 - 0,056	0,056 – 0,1	0,1 – 0,25	0,25 – 1,0	+1,0
Алюминиевые шлаки	3,8	11,9	26,5	30,3	27,5

Процесс гранулирования осуществлялся на лабораторном тарельчатом грануляторе диаметром 1000 мм при скорости вращения 25 об/мин (Рисунок 1, а) и механическом грануляторе (рисунок 1, б). В качестве связующего использовался 10 %-ный водный раствор лигносульфоната. Продолжительность гранулирования составляла 10–15 минут. Готовые гранулы сушили при 200 – 300 °С в течение 1 ч и подвергали упрочняющему высокотемпературному обжигу при

800–1000 °С, после которого прочность материалов повышалось до 1,00–1,85 кН/окатыш [11].

В ходе исследований были изготовлены два вида опытных гранул:

- 1) Первая партия (окатыши круглой формы - Рисунок 1, с)
- 2) Вторая партия (гранулы цилиндрической формы – Рисунок 1, d)



а) тарельчатый гранулятор; б) гранулятор; в) окатыши; г) гранулы

Рисунок 1 – Оборудование и полученные гранулы из отходов

Таким образом, проведённый анализ и экспериментальные исследования показали перспективность использования алюминиевых шлаков как вторичного сырья в металлургическом производстве. Алюминиевые шлаки содержат значительное количество полезных компонентов, прежде всего оксида алюминия, что делает их ценным ресурсом для дальнейшей переработки и получения новых материалов.

В ходе работы был изучен химический и фракционный состав алюминиевых шлаков, что позволило определить оптимальные параметры подготовки сырья и подобрать рациональные соотношения компонентов для формирования гранул. Установлено, что при содержании глинозёма до 67,8 % возможно эффективное формирование шихты с заданным соотношением $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ в

диапазоне 2,0–4,5, что является благоприятным для последующего получения ферросилиция.

Экспериментально были определены оптимальные условия гранулирования, включая фракционный состав исходного материала, режимы работы грануляционного оборудования и использование связующего вещества. В результате были получены гранулы и окатыши с достаточной прочностью после термической обработки, что подтверждает возможность их дальнейшего применения в металлургических процессах.

Результаты исследования подтверждают, что переработка алюминиевых шлаков позволяет не только эффективно утилизировать отходы металлургического производства, но и получать полезные продукты для дальнейшего использования. Это способствует снижению экологической нагрузки, уменьшению объёмов складированных отходов и более рациональному использованию природных ресурсов. Кроме того, внедрение подобных технологий переработки вторичного сырья имеет важное экономическое значение, поскольку позволяет снизить энергозатраты и повысить эффективность металлургического производства.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Леонтьев Л. И., Понамарев В.И., Шешуков О.Ю. Переработка и утилизация техногенных отходов металлургического производства // Экология и промышленность России. 2016. Т.20. № 3. С. 24–27.
- 2 Тюлюбаев Р.А., Жунусов А.К., Кулумбаев Н.К. Анализ переработки алюминиевых отходов. / Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию образования кафедры «Металлургия» // «Проблемы и перспективы металлургической отрасли: теория и практика» – Павлодар. .2023. С. 201–206
- 3 S. Dhadse, P. Kumari, L.J. Bhagia. “Fly ash characterization, utilization and Government initiatives in India – A review”, Journal of Scientific & Industrial Research, vol. 67, pp. 11-18, Jan. 2008. <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/729>.
- 4 R. Kakitania, A.V. Rodrigues, C. Silva, A. Garcia, N. Cheung. The roles of solidification cooling rate and (Mn,Cr) alloying elements in the modification of β -AlFeSi and hardness evolvments in near-eutectic Al-Si alloys. Journal of Alloys and Metallurgical Systems. 1 (2023) 100005. <https://doi.org/10.1016/j.jalmes.2023.100005>.

5 Md. Mostafa Kamal, D. Saha, Md. Lobidh Prodhan, Md. Abdul Kader, Md. Bakhtierkhalzi, Md Shamimur Rahman Shanto, Md Asifur Rahman Sakib. Mechanical, micro-structural and emission study of recycled aluminum based hybrid composites, Journal of Alloys and Metallurgical Systems. 11 (2025) 100201. <https://doi.org/10.1016/j.jalms.2025.100201>.

6 M. H. Mohana, S. M. Hama, S. M. Hama. “The Effectiveness of Recycled Glass Powder in Improving the Properties of Fibrous Mortar”, Engineering, Technology & Applied Science Research, vol. 15, no. 4, pp. 24104-24109, Aug. 2025. <https://doi.org/10.48084/etasr.11109>.

7 D. Ashkenazi. “How aluminum changed the world: A metallurgical revolution through technological and cultural perspectives”, Technological Forecasting and Social Change, vol. 143, pp. 101–113, Jun. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.03.011>.

8 M. Mahinroosta; A. Allahverdi. “Hazardous aluminum dross characterization and recycling strategies: A critical review”, Journal of Environmental Management, vol. 223, pp. 452–468, Oct.2018. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.068>.

9 S. Capuzzi; G. Timelli. “Preparation and melting of scrap in aluminum recycling: A review”, Metals, vol. 8, no.4, 249, Jan. 2018. <https://doi.org/10.3390/met8040249>.

10 A. Zhunusov, A. Zhunusova, A. Kenzhebekova, A. Bakirov, R. Tyulyubayev, Study of the use of aluminium-containing waste in ferrosilicon production, Journal of Alloys and Metallurgical Systems, Volume 12, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.jalms.2025.100224>.

11 A. Zhunusov, A. Zhunusova, A. Kenzhebekova, A. Bakirov, R. Tyulyubayev Study of physical and chemical properties of granules obtained from aluminum slags., Наука и техника Казахстана. № 4, 2025, doi.org/10.48081/MMQL5744

Секция 15
Машина жасау саласының дамуының
ғылыми-техникалық аспектілері
Научно-технические аспекты развития
машиностроительной отрасли

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ СМЕСИТЕЛЯ ДЛЯ
ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК
НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

БАВИЛОВ А. В.

к. т. н., доцент, ТОО «НПО ИННОТЕХ», Усть-Каменогорск

РОГОВСКИЙ В. В.

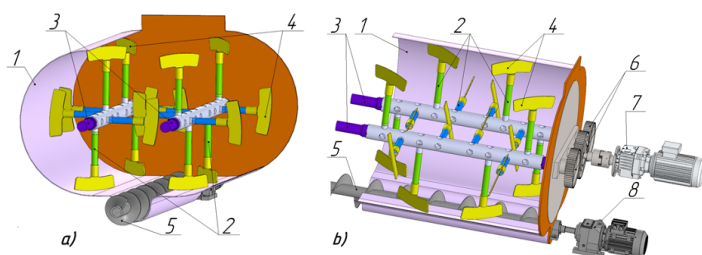
ст. преподаватель, ВКТУ имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ВАСИЛЬКОВ Д. С.

магистрант, Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ), Российская Федерация, г. Москва

Качество и однородность любой смеси зависит от степени ее перемешивания и от конструкции смесительных машин. Пищевые и кормовые продукты для животных не исключение, так как перемешивания кормовых добавок, фитоингредиентов или соли, например, перед прессованием сыпучей кормовой смеси и ее превращением в гранулы кормовых добавок или в премиксы-лизунцы, оказывают в дальнейшем большое влияние на структуру и сохранность конечного продукта – готовых кормовых добавок. Здесь следует учесть, что долевой и фазовый состав ингредиентов кормовой смеси или премиксов-лизунцов перед смешиванием в смесителе не очень отличается по составу компонентов и их равное распределение по объему готового продукта является довольно-таки сложной задачей. Далее кормовые добавки прессуются, гранулируются или экструдированы в мелкие фракции, до 30 г., а премиксы-лизунцы прессуются в брикеты различной формы и объема весом до 5 кг. При этом кормовые добавки могут содержать соль кормовую, а могут готовиться и без нее. В данной работе рассмотрим, как конструкция смесителя и перемешивание ингредиентов смеси для приготовления кормовых добавок и премиксов-лизунцов влияет на их пищевую и товарную привлекательность [5, с. 16-21].

На рисунке 1 приведена новая конструктивная схема смесителя с двумя смесительными валами и выгрузным шнеком.



а) вид конструкции слева; б) главный вид конструкции; 1 – корпус; 2 – радиальные стержни; 3 – валы; 4 – лопатки мешалок; 5 – шнек для выгрузки готовой смеси; 6 – механизм вращения валов мешалок; 7 – мотор-редуктор привода вращения валов мешалок; 8 – мотор-редуктор привода шнека

Рисунок 1 – Конструктивная схема разрабатываемого смесителя

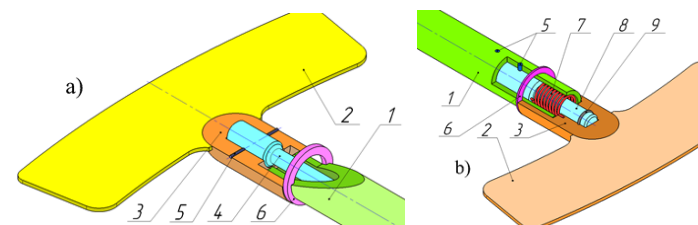
В корпусе 1, овальной формы, в центральной его части расположены два смесительных вала 3. На каждом конце вала установлены зубчатые колеса, которые входят в зацепление с зубчатой шестерней, закрепленной на валу мотор-редуктора 7. При таком приводе 6 вращение с мотор-редуктора передается таким образом, что смесительные валы 3 будут с одинаковой скоростью вращаться в противоположные друг от друга стороны, обеспечивая движение потоков перемешиваемых ингредиентов навстречу друг другу и смешиваемых по принципу перекрестных противотоков.

На всей длине вала 3 имеются специальные отверстия, служащие для установки в них радиальных стержней 2, на концах которых установлены лопатки мешалок 4 на упругих элементах. Варианты установки мешалок 4 на упругие элементы стержней 2 показано на рисунке 2.

На рисунке 2, а качестве упругого элемента показана установка лопатки 2 мешалки на торсионный вал 4, а на рисунке 2, б – установка лопатки 2 мешалки с помощью пружины 7. Упругие элементы позволяют путем предварительной закрутки установить лопатку 2 мешалки на оптимальный угол атаки вхождения в перемешиваемую кормовую смесь. Положение мешалок после их установки фиксируется.

Упруго-подвижные лопатки мешалки препятствуют образованию застойных зон и за счет конвективного и диффузионного смешивания обеспечивают равномерное распределение компонентов в смеси с снижением сегрегации ингредиентов смеси и повышением ее однородности.

Для выгрузки готовой смеси в нижней части корпуса 1 (см. рисунок 1) установлен шнек 5, привод которого осуществлен с помощью мотор-редуктор привода шнека 8.



а) лопатка мешалки с торсионным валом; б) лопатка мешалки с пружиной; 1 – радиальный стержень; 2 – лопатка; 3 – втулка; 4 – вал торсионный; 5 – штифт; 6 – уплотнитель; 7 – пружина; 8 – палец; 9 – кольцо стопорное

Рисунок 2 – Схема устройства крепления мешалок смесителя

Смеситель работает следующим образом. Перед началом работы в отверстия валов 3 устанавливаются стержни 2 с мешалками 4 таким образом, чтобы при вращении валов стержни с установленными на них мешалками не касались друг друга рабочими поверхностями. Затем поворотом вокруг стержней 2 настраивается окончательное положение мешалок 4, после этого мешалка в этом положении фиксируется.

Данный двух вальный лопастной смеситель реализует процесс перемешивания с механическим псевдоожижением смешиваемых компонентов смеси. Исходные ингредиенты в корпус 1 загружаются сверху. Валы 3 при этом уже вращаются, мешалки настроены, а шнек 5 неподвижен или может вращаться в противоположную сторону от выгрузки. За счет движения мешалок навстречу друг другу происходит смешивание ингредиентов кормовой смеси на основе отходов производства (далее – кормовые смеси) в середине корпуса, частично разбрасывается в стороны, затем компоненты падают вниз, подхватываются лопаткой мешалок и процесс подачи ингредиентов для смешивания повторяется. После достижения требуемой однородности кормовой смеси начинает вращаться шнек 5 в противоположную сторону и постепенно происходит выгрузка приготовленной кормовой смеси из смесителя.

Проверка качественного состава кормовых смесей характеризуется проверкой содержания необходимых ингредиентов в выборочных гранулах или брикетах из произведенной партии кормовых добавок, в которых оценивается как содержание всех

компонентов, так и их количественное отклонение от исходного рецепта. Этой же проверкой оценивается эффективность и равномерность перемешивания компонентов в смесителе. Допустимое отклонение содержания компонентов в кормовых смесях не может превышать 4,5 % рецептурного значения, иначе вся партия кормовых добавок признается не соответствующей рецепту, а смеситель неэффективным.

Выборочная проверка равномерного распределения смесителем компонентов в произведенной партии кормовых добавок осуществляется стандартным путем отбора точечных проб, комбинированием объединенной пробы и получением из нее действительной опытной пробы путем смешивания, сокращения и деления объединенной пробы.

Возможными вариациями неравномерного перемешивания и распределения компонентов смеси могут быть случайные погрешности методик количественного химического анализа активных ингредиентов перемешиваемой смеси и случайные погрешности оценок масс компонентов из активных веществ при их дозировании в смеситель. Теоретическая оценка допустимых пределов отклонения равномерного распределения и содержания компонентов в партии кормовых добавок или премиксов-лизунцов от данных их рецепта может быть проведена с использованием известных методов математической статистики и теории вероятностей.

Смешивающий эффект смесителя выражает степень его совершенства и показывает какую долю равномерно-однородной смеси способна приготовить машина. Значение смешивающего эффекта можно определить по формуле:

$$E_{ff} = \frac{M_{real}}{M_{fin}} \leq 1 \quad (1)$$

где M_{real} – действительная степень перемешивания смесителя;
 M_{fin} – теоретическая конечная степень смешивания.

Для создания лопастных смесителей с механическим псевдооживлением на основе совместного рассмотрения кинематических режимов смешивания с физико-химическими и структурно-механическими характеристиками компонентов смеси необходимо выполнение основного соответствия:

гидродинамического режима технологического процесса - кинетике смешивания многокомпонентных смесей.

Во всех известных работах отмечается степень влияния данного фактора на распределение компонентов, в различных исследованиях представляются по-разному. Комбикорма, кормовые добавки и премиксы представляют собой смеси компонентов, входящих в различных количествах. Чтобы выяснить, как влияет соотношение компонентов на однородность смешивания, были проведены исследования при следующих концентрациях контрольного компонента (натрия хлористого): 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 %. Результаты приведены на рис. 3, с. Такие параметры как крупность, влажность и порядок загрузки приняты постоянными. Полученная зависимость свидетельствует о том, что концентрация компонентов до определенного предела оказывает влияние на качество смеси.

Таким образом, при концентрациях компонента в смеси выше 0,1 % смеси получаются более однородными. А если необходимо однородное распределение в смеси компонента с концентрацией менее 0,1–0,2 % необходимо применять двух- или трехстадийное смешивание [6, с. 440].

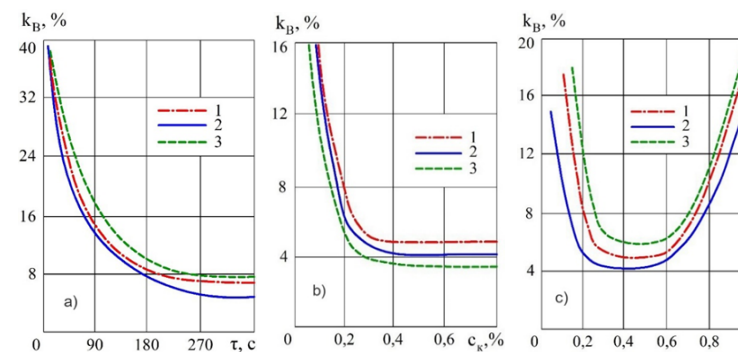


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента вариации от: а) времени смешивания при различных значениях окружной скорости; б) от степени заполнения камеры смесителя; в) от концентрации ключевого компонента: 1 – металломагнитная примесь; 2 – соль поваренная NaCl; 3 – марганец сернокислый MnSO₄

Нахождение рациональной области изменения параметров смешивания проводилось методами планирования экспериментов. Выбор диапазонов изменения факторов входной информации

осуществлялся с помощью центрального ротабельного униформ-планирования, которое позволило в ходе 56 экспериментов в 3-х кратной повторности получить уравнения регрессии, адекватно описывающие реальный процесс смешивания ингредиентов при создании кормовых добавок.

1 Разработанная конструкция комбинированного смесителя, оснащенного составным валом и вращающимися независимыми мешалками показала высокую эффективность перемешивания компонентов смеси, а работа его независимых мешалок не оказала вредного воздействия на целостность и сохранность качества смешиваемых компонентов;

2 При исследовании кинетики смешивания компонентов смеси для выработки кормовых добавок и премиксов определен наиболее рациональный режим варьирования параметров смешивания компонентов смеси, в дальнейшем способствующих выработке качественных прессованных кормовых добавок: протяженность смешивания 65–70 с; частота вращения валов с мешалками 12,0–13,0 с-1; концентрация контрольного ингредиента в лизунце – не менее 0,2 %; коэффициент заполнения смесительной камеры 0,5–0,7; коэффициент вариации контрольного ингредиента в лизунце 4,4–4,9 %.

3 Качество полученных кормовых добавок и брикетированных премиксов было проверено на зависимость от перемешивания компонентов, их размеров и влажности, от влажности самих кормовых добавок, от пластичности компонентов. Было проверено наличие биологически активных веществ до прессования, после прессования и по истечении контрольного времени хранения, 10 и 14 месяцев. Рациональным признан срок, не превышающий 10 месяцев.

Анализ результатов показывает, что в комбинированном смесителе с составным валом и новым рабочим органом (независимыми мешалками) влияние природы основного компонента на равномерность распределения в нем микрокомпонентов значительно меньше, чем в спиральном противоточном смесителе, а причиной этому является прогрессивный метод смешивания в состоянии «механической невесомости» или в «кипящем» слое [9, с. 598–608].

Предложенный метод позволяет смешивать компоненты с сильно различающейся насыпной плотностью и другими физико-механическими свойствами перемешиваемых продуктов. Результаты изучения неизменности механики операции перемешивания в области рациональных значений программных параметров добавляют возможности моделирования метода перемешивания

на основе системы принципов, предложенной профессором Е.А. Асангалиевым [7, с. 598–608].

Исследования, связанные с данной работой, финансируются Комитетом науки Министерства науки и высшего образования РК (грант AP23485224 – Разработка нового энергоэффективного оборудования по производству инновационных кормовых добавок для животноводства, с использованием промышленных отходов).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Hayes & Stolz Double Ribbon Mixer Demonstration. <https://www.youtube.com/watch?v=MRrfSZXdOoc>
- 2 Lödige's ringlayer mixer corimix® for continuous operation. <https://www.loedige.de/en/machines/ringlayer-mixer-corimix-for-continuous-operation/>
- 3 Solutions for premixes and concentrates. file:///C:/Users/User/Downloads/f458cf6f578042cba9f2df3f0e10e548.pdf
- 4 120L Simon Barron Conditioning Mixer M/S. <https://www.rigal-bennett.com/Industry/Cosmetic/GetStockItem/11734>
- 5 L.I. Lytkina, A.A. Shevtsov, E.S. Shentsova, O.A. Apalikhina. The probabilistic model of the process mixing of animal feed ingredients into a continuous mixer-reactor. *Proceedings of VSUET*, № 2, 2016, pp. 16–21.
- 6 Системный анализ процессов химической технологии: измельчение и смешение: монография / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, С.Ю. Арутюнов; ответственный редактор Н.М. Жаворонков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 440 с.
- 7 Asangaliev, Y., Kim, V., Kim, A., Doudkin, M., ... Guriyanov, G. Improvement of Technology, Machines, and Recipes for the Production of Compound Feed and Feed Additives for Farm Animals. *International Review of Mechanical Engineering*, 2021, 15(11), pp. 598–608.
- 8 Лыткина Л.И., Шенцова Е.С., Переверзева С.А., Михайлов А.Г. Новая технология производства брикетированной кормовой добавки. *Вестник ВГУИТ/Proceedings of VSUET*, Т. 81, № 2, 2019. — С. 191–195.
- 9 M. Doudkin, A. Kim, I. Yakovlev, D. Vasilkov, Ye. Asangaliev, B. Moldakhanov. Analysis of experimental studies on the efficiency of a new mixer for molding mixtures components for the production of premix lick blocks and the final product effect. *Production engineering archives*, 2025, 31(1), 81–90. DOI: <http://doi.org/10.30657/pea.2025.31.8>

ОСОБЕННОСТИ БЕЗЭКВИДИСТАНТНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ МОДЕЛИ СК5162 С СИСТЕМОЙ ЧПУ «FANUC»

ОНОПРИЕНКО В. И.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ШУМЕЙКО И. А.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Особенности безэквидистантного программирования обработки деталей с использованием системы ЧПУ «Fanuc» рассмотрим на примере обработки на токарном станке модели СК5162 с передним, классическим, расположением суппорта с четырёхпозиционным резцедержателем (рисунок 1, а). Начало системы координат станка находится в точке М пересечения оси шпинделя с его торцом. Ось Z совпадает с осью вращения горизонтального шпинделя. За положительное направление оси Z принято направление слева направо. Ось X горизонтальна, за положительное направление принято направление к оператору. Положительному направлению соответствует направление на увеличение размера обрабатываемой детали как в направлении оси X, так и в направлении оси Z.

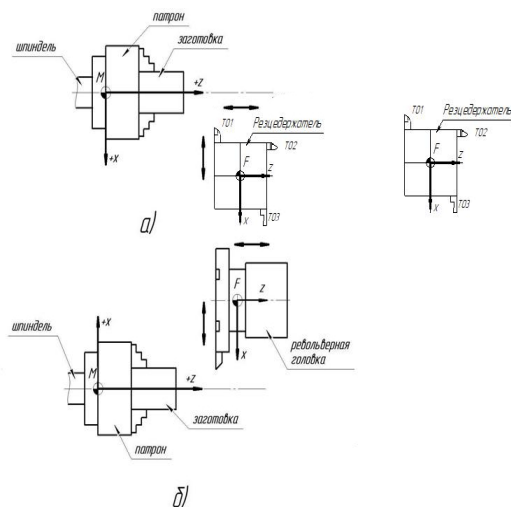


Рисунок 1 – Классическая и современная схемы расположения суппорта на токарном станке с ЧПУ

Основная особенность программирования на данном станке заключается в том, что программа управления с использованием системы «Fanuc» предусмотрена для верхнего расположения суппорта с револьверной головкой (рисунок 1, б). Положение и направление оси Z остаётся прежним, но за положительное направление оси X принято направление вверх под некоторым углом к горизонту. Такое расположение оси X и револьверного суппорта является основным для современных токарных станков с ЧПУ. Это обстоятельство накладывает свои особенности при программировании обработки деталей по первой, классической, схеме (рисунок 1, а), имеющей место в нашем случае.

Особенности программирования рассмотрим на примере обработки детали типа «шаровой палец» (рисунок 2). Заготовка – капролактам круг диаметром 30мм, легко обрабатываемый материал на случай допущения ошибок программирования и выявления их причин.

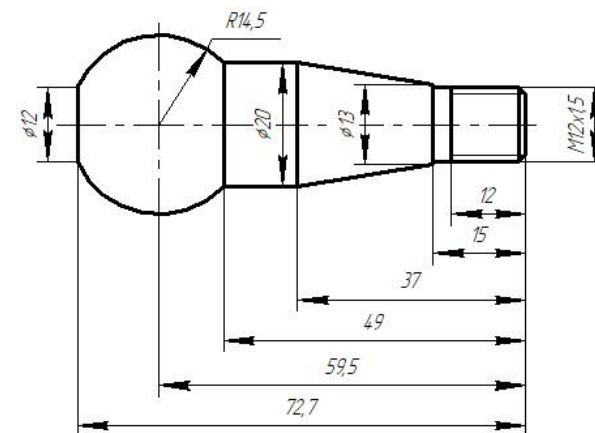


Рисунок 2 – Чертеж детали «шаровой палец»

В качестве режущего инструмента приняты резцы: проходной с углом в плане = 90° (T01), резбовой с углом при вершине = 60° (T02) и отрезной резец с шириной режущей кромки 5 мм (T03). С целью возможности разработки управляющей программы весь припуск на обработку разбит на интервалы с максимальной глубиной резания 2 мм. Принята схема обработки: конической части схема с

подборкой и сферической части с предварительным ступенчатым врезанием отрезным резцом (рисунок 3). Предусмотрена чистовая обработка правой части детали, нарезание резьбы М12х1,5 и чистовая обработка сферы с левой стороны с последующей отрезкой детали.

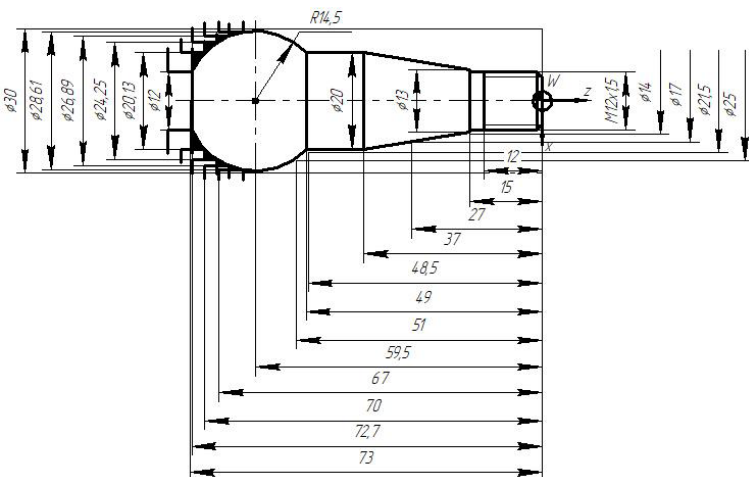


Рисунок 3 – Схема для определения координат опорных точек траектории перемещения режущих инструментов

Первоначально управляющая программа разрабатывалась на основе существующих общеустановленных правил и рекомендаций по программированию коррекции на режущий инструмент при подходе слева к обрабатываемой детали (функция G41) применительно к классическому расположению суппорта с резцедержателем (рисунок 1, а). Однако система ЧПУ восприняла эту функцию как ошибочную и в результате чистовая обработка детали с правой стороны была проигнорирована. Все размеры с правой стороны, в том числе и пол резьбу, оказались на 1,5 мм больше заданных.

При обработке сферы был задан обход по часовой стрелке (функция G02), что соответствует классической схеме (рисунок 1, а). Система ЧПУ же выполнила противоположную схему: не выпуклую, а вогнутую (рисунок 4).



Рисунок 4 – Деталь после обработки по программе, составленной для классической схемы расположения суппорта

В результате проведенных пробных испытаний было установлено, что при задании коррекции должен задаваться подход режущего инструмента справа от детали (функция G42), а обход сферы должен задаваться для обхода против часовой стрелки (функция G03).

Вывод: программа на станке модели СК 5162 предусмотрена для схемы верхнего расположения суппорта с револьверной головкой. Ниже приведена управляющая программа по обработке детали «шаровой палец» с учетом выявленных ошибок.

Таблица 1 – Управляющая программа по обработке детали «шаровой палец»

%	N39 S250 M03;
O0005 (шаровой палец)	N40 G00 X14 Z5;
N01 G21 G40 G49 G54 G80 G90;	N41 G76 P02 03 60 Q100 R4;
N02 T0101 (резец проходной);	N42 G76 X10.374 Z-12 P813 Q200 F1.5;
N04 G97 S600 M03;	N43 X100 Z50;
N05 G00 X33 Z3;	N45 T0303 (отрезной, в=5 мм);
N06 G98 G01 G42 X25 F100;	N46 G97 S600;
N07 Z-51	N47 G00 Z-57;
N08 G01 X29;	N48 G00 X33;
N09 G01 Z-67;	N49 G01 G42 G98 Z-62 F50;
N10 G01 X30;	N50 G01 X28.61
N11 G00 Z2;	N51 G01 X31;
N12 G00 X21.5;	N52 G01 Z-65;
N13 G01 Z-48.5;	N53 G01 X26.89;
N14 G01 X29 Z-55;	N54 G01 X31;
N15 G01 X30;	N55 G01 Z-67.5;
N16 G00 Z2;	N56 G01 X24.25;
N17 G01 X17;	N57 G00 X31;
N18 G01 Z-27;	N58 G01 Z-70;
N19 G01 X21.5 Z-37;	N59 G01 X20.13;
N20 G01 X22;	N60 G00 X31;
N21 G00 Z2;	N61 G01 Z-72.7;
N22 G01 X14;	N62 G01 X12;
N23 G01 Z-15;	N63 G00 X31;
N24 G01 X17 Z-23.5;	N64 G01 Z-74;
N25 G01 X18;	N65 G01 X12;
N26 G00 Z2;	N66 G00 X31;
N27 G00 X4;	N67 G00 Z-59.5;
N28 G01 X11.6 Z-2 F50;	N68 G01 X29; Обработка сферы
N29 G01 Z-15;	N69 G03 G18 X12 Z-72.7 I-14.5 K0
N30 G01 X13;	F25;
N31 G01 X20 Z-37;	N70 G01 X0;
N32 G01 Z-49; Обработка сферы	N71 G00 X31;
N33 G03 G18 X29 Z-59.5 I-10.0 K-10.5;	N72 G01 Z-74;
N34 G01 Z-63;	N73 G01 X0;
N35 G01 X31;	N74 G01 Z-73;
N36 G00 X100 Z50;	N75 G00 X31;
N37 G40;	N76 G00 X100 Z50;
N38 T0202 (резьбовой);	N77 G21 G40 G49 G54 G80 G90;
	N78 M30;
	%

Деталь «шаровой палец», обработанная по приведённой программе, представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Деталь «шаровой палец», обработанная по приведённой программе

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Александров А.С., Васильков Д.В., Голикова В.В. Программирование для системы ЧПУ FANUC Oi. Учебное пособие. Санкт-Петербург, 2019. – 142 с.
- 2 Fanuc Series Oi-MODEL F Plus. Для системы многоцелевого станка. Руководство по эксплуатации. — FANUC Corporation, 2020. – 230 с.
- 3 Шумейко И.А. Учебное пособие по дисциплине «Системы программного управления», ПГУ имени С. Торайгырова, Павлодар : Кереку. 2015. – 118 с.
- 4 Оноприенко В.И., Шумейко И.А. Особые случаи формирования погрешности при обработке на токарных станках с ЧПУ и метод её устранения. Материалы международной научно-практической конференции «XVII Торайгыровские чтения» посвящённые 65-летию Торайгыров университета. Том 6, стр. 77-83. Павлодар, 2025.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ ТИПА ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР

ПОРОХОВ А. А.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

ИТЫБАЕВА Г. Т.

к.т.н., ассоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы повышения точности и производительности обработки корпусных деталей на многоцелевых станках типа обрабатывающий центр. Актуальность исследования обусловлена возрастающими требованиями к качеству машиностроительной продукции и эффективности технологических процессов. Особое внимание уделено анализу многопроходных циклов обработки как одному из ключевых факторов стабилизации точности при обработке сложнопрофильных деталей. Рассмотрены теоретические и практические аспекты распределения припуска между проходами, влияние режимов резания на формирование погрешностей, а также роль динамических и термических факторов в процессе обработки. Обоснована эффективность применения многопроходной стратегии с точки зрения снижения деформаций, уменьшения вибраций и повышения качества поверхности. Дополнительно проанализированы современные направления совершенствования обработки, включая использование адаптивных систем управления, цифрового моделирования и высокопроизводительного инструмента. Показано, что комплексное применение указанных методов позволяет обеспечить повышение точности и производительности обработки корпусных деталей в условиях современного машиностроительного производства.

Ключевые слова: корпусные детали; обрабатывающий центр; многопроходная обработка; точность обработки; производительность; режимы резания; деформации заготовки; вибрации; адаптивное управление; цифровое моделирование; технологический процесс.

Современное машиностроительное производство предъявляет все более высокие требования к точности изготовления деталей и эффективности технологических процессов. Особенно это относится к корпусным деталям, которые являются базовыми элементами многих машин и механизмов. От точности их изготовления во

многом зависит работоспособность узлов, надежность оборудования и срок его службы.

Корпусные детали характеризуются сложной конструкцией, большим количеством отверстий, плоскостей и посадочных мест. Для их обработки требуется выполнение значительного числа технологических операций, что повышает трудоемкость производства. В связи с этим важным направлением совершенствования технологических процессов является повышение производительности обработки при одновременном обеспечении высокой точности [1].

В современных условиях широкое распространение получили многоцелевые станки типа обрабатывающий центр, которые позволяют выполнять комплекс операций за один установ детали. Использование таких станков обеспечивает сокращение вспомогательного времени, повышение точности взаимного расположения поверхностей и увеличение производительности производства.

Однако при обработке корпусных деталей возникают проблемы, связанные с вибрациями системы «станок-инструмент-заготовка», термическими деформациями, износом инструмента и накоплением погрешностей обработки. Эти факторы могут приводить к снижению точности и ухудшению качества поверхности [2].

Одним из перспективных направлений решения указанных задач является применение многопроходных циклов обработки, при которых материал снимается несколькими последовательными проходами с оптимальным распределением припуска. Такой подход позволяет снизить нагрузку на режущий инструмент, уменьшить деформации заготовки и повысить стабильность технологического процесса.

Кроме того, значительное влияние на повышение эффективности обработки оказывают современные методы оптимизации режимов резания, использование адаптивных систем управления [3], внедрение автоматизированных систем программирования и цифровых технологий.

Корпусные детали относятся к наиболее сложным объектам механической обработки. Они имеют развитую пространственную форму, большое количество функциональных поверхностей и высокие требования к точности взаимного расположения элементов.

Основными характеристиками корпусных деталей являются: значительные габаритные размеры; наличие большого количества отверстий различного диаметра; высокая точность взаимного расположения поверхностей;

наличие тонкостенных элементов конструкции.

При обработке таких деталей необходимо обеспечивать высокую точность базирования и устойчивость технологической системы. Любые отклонения могут привести к появлению погрешностей формы и взаимного расположения поверхностей.

Использование многоцелевых станков типа обрабатывающий центр позволяет значительно упростить технологический процесс обработки корпусных деталей. Такие станки оснащаются автоматической сменой инструмента, системами числового программного управления и могут выполнять широкий спектр операций:

- фрезерование;
- сверление;
- расточивание;
- нарезание резьбы;
- зенкерование и развертывание.

Одним из основных преимуществ применения обрабатывающих центров является максимальная концентрация последовательно выполняемых технологических переходов с использованием различного режущего инструмента. Кроме того, становится возможным обработка заготовки с минимальным количеством установок, что в свою очередь позволяет в большей степени реализовывать принципы единства баз. Также это позволяет достичь более высокой геометрической точности сложных пространственных поверхностей [4], а минимальное количество установок позволяет уменьшить общее время обработки. Тем не менее при обработке корпусных деталей на обрабатывающих центрах возникает ряд технологических проблем. К ним относятся:

- вибрации режущего инструмента;
- деформации заготовки;
- термическое расширение элементов станка;
- износ режущего инструмента.

Эти факторы оказывают существенное влияние на точность обработки и стабильность технологического процесса.

Одной из ключевых задач современного механического производства является обеспечение высокой точности обработки корпусных деталей, обладающих сложной геометрией и большим количеством функциональных поверхностей. Традиционные подходы к механической обработке предусматривают разделение процесса на два этапа: черновую обработку с крупным снятием припуска и чистовую обработку с минимальным припуском. Однако

в условиях обработки крупногабаритных и тонкостенных корпусных деталей данный подход не всегда обеспечивает стабильную точность и качественную поверхность.

В этой связи на практике все чаще применяется метод многопроходной обработки, суть которого заключается в последовательном снятии припуска несколькими проходами с постепенно уменьшающейся глубиной резания. Такой подход позволяет существенно снизить динамические и термические нагрузки на заготовку и инструмент, а также минимизировать погрешности, обусловленные деформациями системы «станок — инструмент — заготовка».

Многопроходная обработка базируется на ряде технологических принципов:

Деление припуска на оптимальные этапы. Общий припуск на чистовую обработку распределяется на несколько промежуточных проходов, что снижает усилия резания на каждом этапе. Например, если общий припуск составляет 0,5 мм, целесообразно разбить его на три прохода: два черновых по 0,15–0,2 мм и один чистовой 0,1–0,15 мм. Такой подход обеспечивает более равномерное снятие материала и снижает вероятность возникновения остаточных напряжений в заготовке.

Снижение термо-механических деформаций. При однопроходной обработке значительного припуска нагрузка на заготовку и инструмент велика, что приводит к изгибам, прогибам тонкостенных элементов и локальному нагреву. Многопроходная обработка снижает эти эффекты, поскольку каждый проход снимает меньший слой материала, уменьшая силу резания и тепловую энергию, передаваемую заготовке.

Улучшение стабильности геометрических размеров. Последние проходы с минимальным припуском позволяют скорректировать отклонения формы, накопленные на предыдущих этапах. В результате достигается высокая точность размеров, а также соблюдение допусков на взаимное расположение функциональных поверхностей.

Снижение влияния вибраций и динамических нагрузок. Силы резания при многопроходной обработке значительно ниже, чем при однопроходной, что уменьшает амплитуду вибраций системы «станок-инструмент-заготовка». Это особенно важно при обработке тонкостенных и крупных корпусных деталей, где собственная частота конструкции может совпадать с частотой резания, вызывая резонанс.

На практике многопроходные циклы реализуются с учетом конструктивных особенностей станка и заготовки, материала детали, геометрии инструмента и требований к качеству поверхности. Основные этапы многопроходной обработки можно условно представить следующим образом:

Черновая обработка крупным припуском. На этом этапе снимается основная масса материала с использованием относительно больших глубин резания. Основной целью является придание заготовке грубой формы, близкой к окончательной геометрии. При этом точность размеров не является критической, однако важно контролировать деформации и вибрации.

Промежуточные проходы (полу-чистовая обработка). Каждый следующий проход выполняется с уменьшенной глубиной резания и повышенной точностью базирования. Этот этап позволяет скорректировать отклонения, возникшие на черновой обработке, и подготовить поверхность к финальной обработке.

Чистовая обработка минимальным припуском. На последнем этапе снимается минимальный слой материала (обычно 0,05–0,15 мм), обеспечивая требуемую точность размеров и высокое качество поверхности. Здесь критично соблюдение стабильности режимов резания и жесткости технологической системы [5].

Таблица 1 - Сравнение многопроходной и однопроходной обработки корпусных деталей

Параметр	Однопроходная обработка	Многопроходная обработка
Сила резания, Н	Высокая	Умеренная
Деформации заготовки	Значительные	Минимальные
Вибрации системы	Высокие	Сниженные
Точность геометрических размеров	Средняя	Высокая
Качество поверхности	Удовлетворительное	Высокое
Износ инструмента	Быстрый	Замедленный

Как видно из сравнения, многопроходная обработка позволяет существенно снизить усилия резания, уменьшить деформации заготовки и улучшить качество обработки поверхности. Это особенно важно для тонкостенных и крупногабаритных корпусных деталей, где стабильность размеров и качества поверхности критична для дальнейшей сборки и функционирования изделия.

Основные преимущества применения многопроходной обработки:

- снижение термических и механических деформаций;
- повышение точности размеров и взаимного расположения поверхностей;
- улучшение качества поверхности и стабильности процесса;
- снижение нагрузки на инструмент и продление его ресурса.

Однако метод имеет и ограничения:

- увеличивается общее время обработки из-за дополнительного числа проходов;
- требуется точного программирования траекторий и оптимального распределения припуска;
- повышенные требования к системам ЧПУ и адаптивному управлению для обеспечения стабильности процесса.

Следовательно, многопроходная обработка является эффективным методом повышения точности и стабильности технологического процесса, особенно при обработке сложных корпусных деталей на многоцелевых станках типа обрабатывающий центр. Несмотря на доказанную эффективность многопроходной обработки при обеспечении высокой точности корпусных деталей, в современных условиях машиностроительного производства данный метод продолжает развиваться за счет интеграции с интеллектуальными и цифровыми технологиями.

Одним из ключевых направлений совершенствования является разработка оптимальных стратегий распределения припуска между проходами. Традиционно припуск делится равномерно или по эмпирическим зависимостям, однако современные исследования показывают, что наибольший эффект достигается при неравномерном распределении с учетом жесткости системы, геометрии детали и условий закрепления. В частности, увеличение доли припуска на промежуточных этапах позволяет снизить нагрузку на чистовой проход, что положительно влияет на итоговую точность обработки. Особое значение приобретает использование математического моделирования процесса резания. Применение расчетных моделей позволяет учитывать влияние сил резания, температурных полей и упругих деформаций на формирование погрешностей. В результате становится возможным прогнозирование точности обработки еще на стадии разработки технологического процесса, что существенно снижает затраты на экспериментальную отработку технологии.

Перспективным направлением является внедрение адаптивных многопроходных циклов, при которых параметры каждого последующего прохода корректируются на основе данных, полученных в процессе обработки. В таких системах используются датчики силы резания, вибрации и температуры, а также алгоритмы обработки сигналов, позволяющие в режиме реального времени изменять глубину резания, подачу и скорость инструмента. Это обеспечивает стабилизацию процесса и минимизацию отклонений размеров.

Кроме того, значительный потенциал повышения эффективности многопроходной обработки связан с применением цифровых двойников технологического процесса. Создание виртуальной модели обработки корпусной детали позволяет:

- анализировать распределение напряжений в заготовке;
- прогнозировать деформации после каждого прохода;
- оптимизировать траектории инструмента;
- оценивать влияние различных стратегий обработки на точность

и производительность.

Использование цифровых двойников особенно актуально при обработке сложных корпусных деталей с тонкостенными элементами, где даже незначительные изменения режимов резания могут приводить к существенным отклонениям формы.

Не менее важным направлением является применение высокопроизводительного инструмента с износостойкими покрытиями, что позволяет сочетать многопроходную стратегию с повышенными скоростями резания. Это частично компенсирует увеличение времени обработки, характерное для многопроходных циклов, и обеспечивает рост общей производительности.

Таким образом, дальнейшее развитие многопроходной обработки связано не только с совершенствованием традиционных технологических подходов, но и с активным внедрением цифровых, адаптивных и интеллектуальных систем управления. Комплексное использование указанных решений позволяет одновременно обеспечить высокую точность обработки корпусных деталей и повысить эффективность производственного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

Юсубов Н.Д., Аббасова Х.М. Полнофакторная матричная модель точности выполняемых размеров на многоцелевых

станках с ЧПУ // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2021. – Т. 23, № 4. – С. 6–20.

Тимофеев С.П., Гринек А.В., Хуртасенко А.В., Бойчук И.П. Технология механической обработки и цифровое моделирование контроля формы крупногабаритных деталей // Обработка металлов. – 2022. – Т. 24, № 2. – С. 6–24.

Иноземцев А.Н., Пасько Н.И., Анцев А.В. Автоматизированное управление режимами резания при токарной и сверлильной обработке // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2012. – №6. – С. 56.

Хостикоев Михаил Заурбекович, Махненко А. Н. Изготовление буровых долот на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах с резбонакатным инструментом // ГИАБ. – 2011. – №4.

Суслов А.Г., Петрешин Д.И., Шалыгин М.Г., Хандожко В.А. Автоматизированное технологическое обеспечение качества деталей машин // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2024. – № 7 (157). – С. 24–33.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ТРЕНИЯ НА ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ МАШИН И МЕТОДЫ ЕГО СНИЖЕНИЯ

САУБЕНОВ А. Г.

студент, Торайгыров университет, г. Павлодар

ИТЫБАЕВА Г. Т.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г.Павлодар

В статье подробно рассмотрены режимы трения в узлах машин и их влияние на процессы изнашивания деталей. Выполнен анализ факторов, определяющих интенсивность износа, включая нагрузку, скорость и температурные условия эксплуатации. Также рассмотрены современные методы снижения трения и повышения долговечности оборудования.

В современных условиях развития машиностроения проблема повышения надежности и долговечности оборудования приобретает особую значимость. Одной из основных причин выхода из строя деталей машин является износ, возникающий в результате трения контактирующих поверхностей.

Трение сопровождается потерями энергии, которые могут достигать значительных величин, что снижает эффективность работы механизмов. Кроме того, износ приводит к изменению

геометрии деталей, ухудшению точности и увеличению вероятности отказов оборудования.

Основные режимы трения в машиностроении различают сухое, граничное, жидкостное и смешанное трение. Сухое трение возникает при отсутствии смазки и сопровождается максимальным износом. Граничное трение характеризуется наличием тонкой пленки смазки, а жидкостное - полным разделением поверхностей [3, с. 42].

Смешанный режим трения является наиболее распространенным в реальных условиях эксплуатации и характеризуется нестабильными условиями контакта. Это приводит к колебаниям коэффициента трения и ускоренному износу деталей.

Коэффициент трения определяется как отношение силы трения к нормальной нагрузке. Снижение коэффициента трения позволяет уменьшить износ и повысить энергоэффективность оборудования.

Трение в реальных узлах машин редко протекает в чистом виде одного режима. В большинстве случаев наблюдается переходное состояние, при котором характеристики трения изменяются в зависимости от условий эксплуатации. Это связано с изменением толщины смазочного слоя, температуры и давления в зоне контакта. В результате один и тот же узел может работать в различных режимах трения на разных этапах своей работы.

Особое значение имеет переход от граничного к жидкостному трению, так как именно в этом диапазоне наблюдается резкое снижение коэффициента трения и интенсивности износа. Данный переход зависит от скорости движения, вязкости смазочного материала и нагрузки на контактирующие поверхности. При недостаточной смазке возможно возвращение к неблагоприятному режиму, что приводит к ускоренному износу.

Также следует учитывать, что микрогеометрия поверхностей оказывает существенное влияние на характер трения. Даже при наличии смазки неровности поверхности могут вступать в контакт, вызывая локальные напряжения и микроповреждения. Поэтому качество обработки поверхности является важным фактором, определяющим режим трения.

Износ является сложным физико-механическим процессом, включающим разрушение поверхностных слоев материала. Основными видами износа являются абразивный, адгезионный, усталостный и коррозионно-механический [4, с. 18].

Абразивный износ возникает при воздействии твердых частиц, адгезионный связан с микросхватыванием поверхностей, усталостный обусловлен циклическими нагрузками, а коррозионный - воздействием агрессивной среды.

Различные механизмы износа могут проявляться одновременно, усиливая друг друга. Например, абразивный износ может сопровождаться адгезионным, что значительно ускоряет разрушение поверхности. Такое сочетание процессов характерно для условий недостаточной смазки и высоких нагрузок. Развитие износа носит нелинейный характер. На начальном этапе наблюдается приработка поверхностей, затем устанавливается стабильный режим, после чего при достижении критического состояния происходит резкое увеличение интенсивности изнашивания. Учет этих стадий позволяет более точно прогнозировать срок службы деталей.

Интенсивность износа определяется рядом факторов: нагрузкой, скоростью, температурой, свойствами материалов и качеством смазки. При увеличении нагрузки возрастает контактное давление, что ускоряет разрушение поверхностей [5, с. 33].

Температурный фактор влияет на вязкость смазки и свойства материалов. При повышении температуры возможно ухудшение условий смазки и переход к неблагоприятному режиму трения.

Важным фактором является также качество сборки узлов. Неправильная установка деталей может привести к перекосам и неравномерному распределению нагрузки, что значительно увеличивает локальный износ. В результате даже при использовании качественных материалов срок службы может существенно снижаться. Не менее значимым является влияние окружающей среды. Попадание пыли, влаги и агрессивных веществ в зону трения приводит к ухудшению условий работы и ускорению износа. В связи с этим необходимо предусматривать защитные меры, такие как уплотнения и фильтрация смазочных материалов.

Для уменьшения трения и износа применяются смазочные материалы, антифрикционные покрытия и конструктивные решения. Смазка обеспечивает разделение поверхностей, а покрытия уменьшают шероховатость и повышают износостойкость [6, с. 51].

Использование современных материалов, таких как композиты, позволяет значительно повысить долговечность деталей и снизить эксплуатационные затраты.

Одним из перспективных направлений является применение многофункциональных смазочных материалов, содержащих

специальные присадки. Такие добавки позволяют улучшить противоизносные свойства и обеспечить стабильную работу узлов в широком диапазоне температур и нагрузок. Также активно развиваются методы модификации поверхности, включая лазерную обработку и нанесение наноструктурированных покрытий. Эти технологии позволяют формировать поверхности с заданными свойствами, обеспечивая минимальный коэффициент трения и высокую износостойкость.

Предлагается комплексный подход, сочетающий оптимальный выбор смазки и применение защитных покрытий. Такой подход позволяет стабилизировать режим трения и снизить износ при различных условиях эксплуатации. Научная новизна работы заключается в уточнении роли эксплуатационных факторов в формировании режимов трения и их влияния на интенсивность изнашивания. В отличие от традиционных подходов, в которых отдельные параметры рассматриваются изолированно, в данной работе предложено учитывать их совокупное воздействие на трибологическую систему. Установлено, что переход между режимами трения носит динамический характер и определяется не только свойствами смазочного материала, но и микрогеометрией поверхности, температурными условиями и характером нагрузки. Это позволяет более точно оценивать условия работы узлов машин и прогнозировать их износ. [7, с. 64].

Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенных решений при проектировании и модернизации машин.

Проведенный анализ показал, что управление режимами трения является важным фактором повышения надежности оборудования. Применение комплексного подхода позволяет увеличить срок службы деталей и снизить затраты на ремонт и обслуживание.

Дополнительно следует отметить, что эффективное управление процессами трения требует комплексного подхода, учитывающего как конструктивные особенности узлов, так и условия их эксплуатации. Только при совместном учете всех факторов возможно достижение максимальной эффективности и надежности работы оборудования. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой новых материалов и технологий, направленных на снижение трения и износа. В частности, особый интерес представляют наноматериалы и интеллектуальные смазочные системы, способные адаптироваться к изменяющимся условиям работы.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Крагельский И.В. Трение и износ. - М.: Машиностроение, 1984. - 320 с.
- 2 Чичинадзе А.В. Основы трибологии. - М.: Машиностроение, 2001. - 400 с.
- 3 Костецкий Б.И. Поверхностная прочность материалов. - Киев, 1980. - 280 с.
- 4 Крагельский И.В., Алексеев Н.М. Основы расчета на трение и износ. - переработанное издание, 2003.
- 5 Бабичев А.П. Трибология деталей машин. - М., 2005.
- 6 Дроздов Ю.Н., Юдин Е.Г., Белов А.И. Прикладная трибология (трение, износ, смазка в технических системах). - М.: Эко-Пресс, 2010. - 603 с.
- 7 Дроздов Ю.Н. Основы надежности машин. - М.: Машиностроение, 2008.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ HEIDENHAIN, SIEMENS И FANUC ПРИ ПРОГРАММИРОВАНИИ ОБРАБОТКИ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

ШИЛЬ А. В.

магистрант, Торайгыров университет, г.Павлодар
ШУМЕЙКО И. А.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г.Павлодар

САПИНОВ Р. В.

PhD, ассоц. профессор(доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар

В этой статье представлен сравнительный анализ систем ЧПУ: Heidenhain, Siemens и Fanuc. Цель анализа – выбрать систему управления многоцелевыми станками с ЧПУ. Рассматриваются особенности программирования, функциональные возможности, удобство интерфейса и применение в многоосевой обработке. Проведен анализ структуры управляющих программ. Результаты исследования позволяют определить преимущества и ограничения каждой системы ЧПУ при использовании на современных металлорежущих станках.

Наиболее распространёнными в промышленности являются системы ЧПУ Heidenhain, Siemens (Sinumerik) и Fanuc.

Heidenhain TNC 640 имеет эффективное управление перемещениями и поддерживает 5-ти осевые функции для одновременной обработки (M128, FUNCTION TCPM) и обработку с разворотом плоскости обработки (PLANE-функции).

Heidenhain TNC 640 работает на основе новой HSCI-платформы и имеет мощные процессоры, которые позволяют обрабатывать кадры за кратчайшее время (до 0,5 мс).

TNC 640 включает в себя известные циклы сверления, фрезерования при поддержке диалогов и вспомогательных изображений, которые наглядно представляют вводимый параметр [1,2].

Преимущества программирования Heidenhain

- высокая наглядность управляющих программ;
- удобство программирования непосредственно на станке;
- возможность интеграции с современными CAM-системами;
- снижение времени подготовки управляющих программ;

Однако система Heidenhain TNC 640 в Павлодарском регионе не получила широкого применения из-за малой ее изученности и недостаточности кадров, владеющих этой системой.

Системы числового программного управления Siemens Sinumerik являются одними из наиболее распространённых. Одной из ключевых особенностей систем Siemens является поддержка нескольких способов программирования.

Диалоговое программирование ShopMill которое используется для упрощения программирования непосредственно на станке в системах Siemens. Оно позволяет оператору создавать управляющие программы в интерактивном режиме.

- поддержка многоосевой обработки;
- высокоскоростная интерполяция траекторий инструмента;
- развитые функции параметрического программирования;
- интеграция с современными CAM-системами;

Системы ЧПУ Fanuc являются одними из наиболее распространённых в мировой промышленности. Программирование в системах Fanuc основано преимущественно на использовании стандарта ISO, который предполагает применение G- и M-кодов для управления движением инструмента и вспомогательными функциями станка.

Одной из важных возможностей систем Fanuc является поддержка макропрограммирования (Macro B), которое позволяет использовать переменные, математические выражения и условные операции.

Системы Fanuc обладают рядом преимуществ:

- высокая надёжность и стабильность работы;
- универсальность и совместимость с различными типами станков;
- широкая распространённость стандарта ISO-программирования;
- поддержка интеграции с современными CAM-системами.

Благодаря этим характеристикам системы Fanuc широко применяются в серийном и массовом производстве. Каждая из систем имеет свои особенности программирования, интерфейса и технологических возможностей. Для оценки эффективности применения систем Heidenhain, Siemens и Fanuc был проведён сравнительный анализ по ряду ключевых параметров.

Система Heidenhain отличается развитым диалоговым программированием, которое позволяет оператору создавать управляющие программы непосредственно на станке с использованием технологических циклов.

В системе Siemens (Sinumerik) реализована среда ShopMill, которая также позволяет выполнять диалоговое программирование. Кроме того, система Siemens обладает расширенными возможностями параметрического программирования.

Система Fanuc преимущественно использует стандартное ISO-программирование, которое объединяет все три системы [3]. Программирование в формате G-кодов требует более высокой квалификации оператора и может быть менее наглядным по сравнению с диалоговыми системами программирования.

Система Siemens Sinumerik обладает наиболее широкими функциональными возможностями, включая развитую поддержку многоосевой обработки, высокоскоростную интерполяцию траекторий инструмента и расширенные функции параметрического программирования [4].

Система Heidenhain ориентирована прежде всего на высокоточную обработку и широко используется на фрезерных станках европейского производства. Благодаря удобному диалоговому программированию она позволяет значительно сократить время подготовки управляющих программ.

Система Fanuc отличается высокой надёжностью и универсальностью. Она широко применяется на различных типах металлорежущего оборудования и является одной из наиболее распространённых систем ЧПУ в мировой промышленности.

Проведённый анализ показал, что каждая из рассматриваемых систем ЧПУ обладает собственными преимуществами и областью эффективного применения.

Основными параметрами оценки производительности систем ЧПУ являются время обработки блока, глубина look-ahead анализа траектории, интерполяционный цикл и динамические характеристики сервосистем

Сравнительная оценка критериев систем ЧПУ приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение критериев систем ЧПУ

Критерий	Heidenhain	Siemens	Fanuc
Т и п программирования	Plain Language	ShopMill	G-code
Look-ahead (анализ блоков)	До 1000-2000	До 1000	~200
Одновременная интерполяция	5 осей	10 осей	4-5 осей
Интерполяционный цикл	~3 ms	~2-3 ms	~4 ms
Макс.скорость подач	до 60 м/мин	до 60 м/мин	до 48 м/мин
Время обработки блока	~0.5 ms	~0.3-0.4 ms	~0.6 ms
Основная область применения	Фрезерование высокой точности	Сложная многоосевая обработка	Универсальное производство

Для того чтобы сделать 4 технологических отверстия на системе ЧПУ Heidenhain достаточно в режиме программирования выбрать уже готовый цикл 200 и настроить необходимые параметры с указанием координат отверстий. Показано на рис.1

```

3  BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0
4  CYCL DEF 200 SWERLENIJE
   Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE
   Q201=-20 ;GLUBINA
   Q206=+80 ;PODACHA NA WREZANJE
   Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA
   Q210=+0 ;WYDER.WREMENI WWER.
   Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ
   Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ.
   Q211=+0 ;WYDER.WREMENI WNIZU
   Q395=+0 ;KOORD. OTSCHETA GLUB
5  CYCL CALL M3
6  L X+20 Y+20 FMAX M8 M3
7  L X+20 Y+40 FMAX M8 M3
8  L X+40 Y+40 FMAX M8 M3
9  L X+40 Y+20 FMAX M8 M3
10 END PGM 123 MM

```

Рисунок 1 – Управляющая программа Heidenhain

В системе Siemens (ShopMill) нужно указать заготовку, настройки сверления и позиций. Рис 2,3

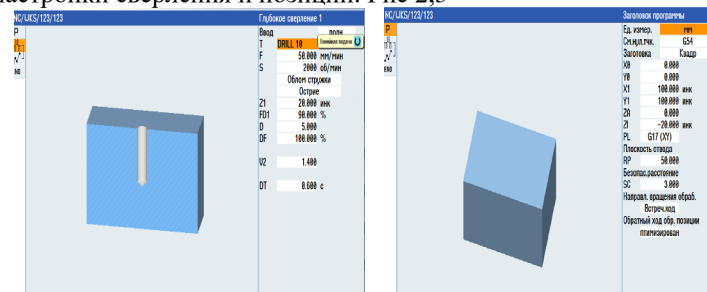


Рисунок 2 – Настройка заготовки и режимов резания

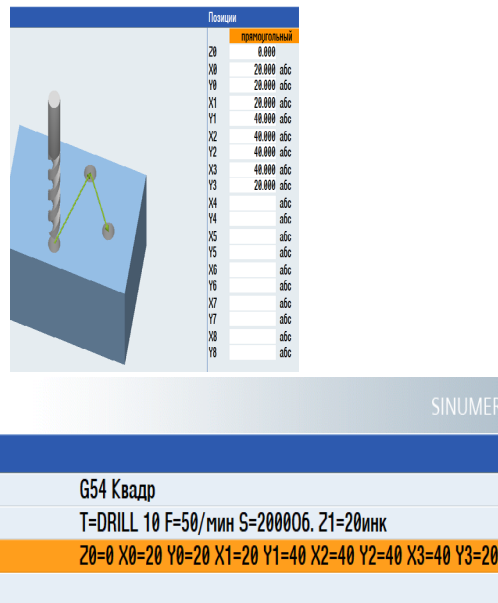


Рисунок 3 – Настройка координат и готовая программа

Режим программирования в системе Fanuc достаточно сильно отличается от предыдущих двух, что немного усложняет его изучение для новичка, так как отсутствует диалоговое окно и программирование осуществляется через написание G – кодов. Пример программы с использованием G-кодов показан на рисунке 4.

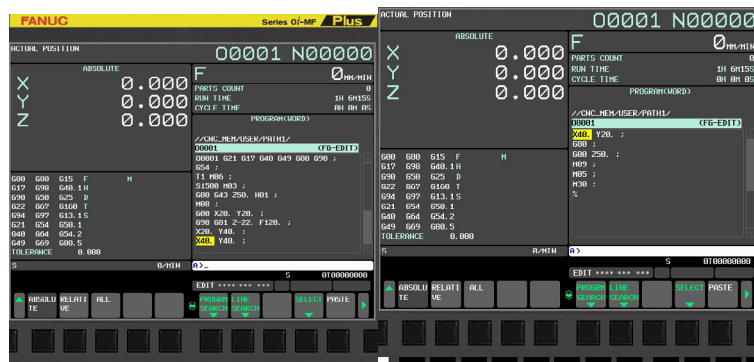


Рисунок 4 – Управляющая программа в системе Fanuc

Ниже представлена схема, которая так же показывает поэтапные действия для написания и обработки программы для каждой системы. Рис. 5.



Рисунок 5 – Схема написания программы

Анализ выполнялся по ключевым параметрам включая особенности программирования, функциональные возможности систем и удобство программирования.

Система Heidenhain продемонстрировала высокий уровень удобства и простоты программирования благодаря применению диалогового окна. Это позволяет значительно сократить время подготовки УП.

Система Siemens Sinumerik характеризуется высокой гибкостью и так же простотой программирования. Это делает её особенно эффективной при выполнении сложных технологических операций и многоосевой обработки.

Система Fanuc, в свою очередь, отличается универсальностью и широким использованием стандартного ISO-программирования. При этом затрудняя написание программы новичку со стойки из-за G-коддинга

Таким образом, выбор конкретной системы ЧПУ определяется требованиями технологического процесса, уровнем сложности обработки и особенностями производственного оборудования. Анализ показал, что та каждая система уникальна и может быть

выбрана на предприятиях в зависимости от вида и сложности выполняемых технологических операций.

ЛИТЕРАТУРА

1 Zhan,Y.;Wu,S.;Luo,S. (2025). Facing the Algorithm Study of Position Control for Five-Axis CNC Machine Tool Processing Parts. Theoretical and Natural Science,80,147-153. <https://doi.org/10.54254/2753-8818/2025.21237>

2 TNC 320 / TNC 620 / TNC 640 | Обучение программированию ЧПУ TNC 640 | 08/2014

3 Huo G., Qiao Y., Jiang X., Su C., Luo Y., Zheng Z., CMDF-LSTM-driven feature point identification of CNC G code leveraging geometric and kinematic information, Journal of Manufacturing Systems, Volume 85, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2026.02.007>

4 Parametric programming of CNC machine tools, Rafat Golebski <https://doi.org/10.1051/mateconf/20179407004>

5 Шумейко И. А., Ткачук А. А. Разработка управляющих программ для станков с числовым программным управлением. Учебно-методическое пособие. – Павлодар, 2016. – 138 с.

Секция 14

Көлік кешенінің инновациялық дамуының ғылыми-техникалық аспектілері

Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса

ЭЛЕКТР КӨЛІКТЕРІНДЕГІ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР

АБАЕВА Ж. Д.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Қазіргі уақытта электр көліктерінде жанартылатын энергия көздерін пайдалану мәселесі ерекше өзектілікке ие болып отыр. Осы мақалада электр көліктерінің энергетикалық тиімділігін арттыру мақсатында күн энергиясын қолданудың ғылыми-техникалық негіздері қарастырылады.

Көлік саласының заманауи дамуы экологиялық талаптардың күшеюімен және дәстүрлі энергия ресурстарының азаюымен сипатталады. Осыған байланысты электр көліктерін жетілдіру, олардың энергия тұтынуын төмендету және автономдылығын арттыру басты міндеттердің бірі болып табылады. Алайда аккумуляторлардың шектеулі мүмкіндіктері электр көліктерінің кеңінен таралуына белгілі бір деңгейде кедергі келтіреді. Сондықтан қосымша энергия көздерін пайдалану қажеттілігі туындайды.

Күн энергиясы – сарқылмайтын және экологиялық тұрғыдан қауіпсіз энергия көздерінің бірі. Электр көліктерінің құрылымына күн панельдерін енгізу арқылы энергия балансын оңтайландыруға болады. Фотоэлектрлік элементтер күн сәулесін электр энергиясына түрлендіріп, көлік қозғалысы кезінде де, тоқтап тұрған кезде де қосымша қуат өндіруге мүмкіндік береді.

Күн батареяларын қолданудың тиімділігі олардың техникалық сипаттамаларына және пайдалану жағдайларына байланысты. Мысалы, панельдердің тиімділік коэффициенті, орнату бұрышы, климаттық жағдайлар және көлік бетінің геометриялық параметрлері энергия өндіру көлеміне тікелей әсер етеді. Осы факторларды ескере отырып, жүйені жобалау ғылыми тұрғыдан негізделген тәсілді қажет етеді.

Электр көліктеріндегі энергияны басқару жүйелері ерекше маңызға ие. Олар әртүрлі энергия көздері арасындағы тепе-теңдікті

сақтап, алынған энергияны тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Күн батареясынан алынған энергияны тікелей тұтыну немесе аккумуляторда жинақтау арқылы жүйенің жалпы тиімділігі артады.

Бұл зерттеудің ғылыми жаңалығы электр көліктерінде күн энергиясын пайдалану тиімділігін арттыруға бағытталған кешенді тәсілді ұсынумен сипатталады. Атап айтқанда, энергия ағындарын интеллектуалды басқару алгоритмдерін қолдану арқылы аккумуляторға түсетін жүктемені азайту және жалпы жүйенің жұмыс тиімділігін арттыру мүмкіндігі қарастырылады. Сонымен қатар, күн панельдерін көлік бетіне орналастырудың оңтайлы нұсқаларын анықтау ұсынылады.

Зерттеудің практикалық маңызы электр көліктерінің пайдалану тиімділігін арттырумен және энергия шығындарын төмендетумен байланысты. Күн энергиясын пайдалану арқылы көлік құралдарының жүріс қашықтығын ұлғайтуға және зарядтау жиілігін азайтуға болады. Бұл әсіресе инфрақұрылымы жеткіліксіз аймақтар үшін маңызды.

Менің ойымша, алдағы уақытта электр көліктерінде күн энергиясын қолдану деңгейі айтарлықтай өседі және бұл технология көлік саласының ажырамас бөлігіне айналады. Ғылыми зерттеулердің дамуы мен жаңа материалдардың пайда болуы күн панельдерінің тиімділігін арттырып, олардың кеңінен қолданылуына жол ашады.

Қорытындылай келгенге дейін, электр көліктерінде күн энергиясын пайдаланудың тағы бір маңызды аспектісі – жүйенің сенімділігі мен тұрақтылығы болып табылады. Күн панельдерінің жұмыс істеу тиімділігі сыртқы орта факторларына тәуелді болғандықтан, энергия өндіру көлемі тұрақсыз болуы мүмкін. Осы мәселені шешу үшін энергияны болжау және жоспарлау әдістерін енгізу қажет. Заманауи зерттеулерде жасанды интеллект элементтерін пайдалану арқылы күн энергиясының өндірілуін алдын ала есептеу және энергияны тиімді бөлу мүмкіндігі қарастырылуда.

Сонымен қатар, электр көліктерінде қолданылатын материалдардың сапасы да үлкен рөл атқарады. Жеңіл және берік материалдарды пайдалану көліктің жалпы массасын азайтып, энергия тұтынуын төмендетеді. Бұл өз кезегінде күн батареяларынан алынатын энергияның тиімді пайдаланылуына ықпал етеді. Яғни, энергетикалық жүйені жетілдіру тек электрлік компоненттермен ғана шектелмей, көлік құрылымының барлық элементтерін кешенді түрде қарастыруды талап етеді.

Тағы бір маңызды бағыт – энергияны сақтау технологияларын жетілдіру. Қазіргі таңда литий-ионды аккумуляторлар кеңінен қолданылғанымен, олардың орнына қатты күйдегі аккумуляторлар сияқты жаңа буын технологиялары зерттелуде. Мұндай аккумуляторлар қауіпсіздігі жоғары, энергия сыйымдылығы үлкен және ұзақ қызмет ету мерзімімен ерекшеленеді. Бұл электр көліктерінің жалпы тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Электр көліктерінде күн энергиясын пайдалану тек техникалық мәселе ғана емес, сонымен қатар экономикалық тұрғыдан да маңызды. Күн панельдерін орнату бастапқыда белгілі бір шығындарды талап етеді, алайда ұзақ мерзімді перспективада бұл инвестициялар өзін ақтайды. Себебі энергия шығындарының азаюы көлік иесінің қаржылық жүктемесін төмендетеді.

Сонымен бірге, мұндай технологияларды енгізу мемлекеттік деңгейде қолдауды қажет етеді. Бұл бағытта нормативтік-құқықтық базаны жетілдіру, салықтық жеңілдіктер енгізу және ғылыми-зерттеу жұмыстарын қаржыландыру маңызды рөл атқарады. Электр көліктерін дамытуға бағытталған мемлекеттік бағдарламалар күн энергиясын пайдаланатын жүйелердің таралуына оң әсер етеді.

Электр көліктерінде күн энергиясын қолдану қалалық инфрақұрылымға да әсер етеді. Болашақта «ақылды қалалар» тұжырымдамасы аясында көлік құралдары энергия жүйесінің бір бөлігіне айналуы мүмкін. Мысалы, көліктер артық өндірілген энергияны электр желісіне қайта бере алады. Бұл энергия жүйесінің тұрақтылығын арттырып, ресурстарды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Тағы бір маңызды аспект – пайдаланушылардың мінез-құлқы мен технологияны қабылдауы. Күн энергиясын пайдаланатын электр көліктері туралы ақпараттың жеткіліксіздігі олардың кең таралуына кедергі келтіруі мүмкін. Сондықтан ақпараттық-насихат жұмыстарын жүргізу және халықтың экологиялық мәдениетін арттыру қажет.

Ғылыми зерттеулер көрсеткендей, күн панельдерінің тиімділігі жыл сайын артып келеді. Жаңа материалдар мен технологиялардың енгізілуі нәтижесінде олардың пайдалы әсер коэффициенті жоғарылап, өлшемдері кішірейіп келеді. Бұл электр көліктеріне күн батареяларын орнатуды анағұрлым тиімді етеді.

Сонымен қатар, болашақта гибриді энергетикалық жүйелердің жаңа түрлері пайда болуы мүмкін. Мысалы, күн энергиясымен қатар жел немесе басқа да жанартылатын энергия көздерін біріктіру

арқылы көлік құралдарының толық автономды жұмыс істеу мүмкіндігі артады. Бұл бағыттағы зерттеулер көлік саласының инновациялық дамуына жаңа серпін береді.

Сонымен бірге, мұндай технологияларды енгізу мемлекеттік деңгейде қолдауды қажет етеді. Инновациялық жобаларды қаржыландыру, ғылыми зерттеулерді дамыту және инфрақұрылымды жетілдіру электр көліктерінің кеңінен таралуына ықпал етеді. Бұл көлік кешенінің тұрақты дамуына негіз болады.

Қорытындылай келгенде, электр көліктерінде күн энергиясын пайдалану көлік кешенінің инновациялық дамуының маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Бұл технология энергия тиімділігін арттыруға, қоршаған ортаны қорғауға және тұрақты даму қағидаларын жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Chan C.C. The State of the Art of Electric Vehicles. IEEE Proceedings, 2018.
- 2 International Energy Agency. Global EV Outlook 2023.
- 3 Linden D., Reddy T.B. Handbook of Batteries. – McGraw-Hill, 2019.
- 4 Sovacool B.K. Renewable Energy: Economics and Policy. – 2020.
- 5 Жолдасов А. Күн энергетикасы және оның қолданылуы. – Алматы, 2022.
- 6 Назарбаев Н.Ә. Қазақстанның индустриялық-инновациялық дамуы. – Алматы, 2020.
- 7 Қуанышбаев Б. Электр көліктерінің энергетикалық жүйелері. – Астана, 2021.

СЕРІППЕЛІ-РОТОРЛЫ ДИІРМЕНДЕГІ ҰСАҚТАУ ПРОЦЕСІН БАСҚАРУ ҮШІН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ӨДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ

БАЙГУНУСОВ А. Ж.

докторант, Д. Серікбаев атындағы

Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ.

МОЛДАХАНОВ Б. А.

PhD, аға оқытушы, Д. Серікбаев атындағы

Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ.

ДУДКИН М. В.

техника ғылымдарының докторы, профессор, Д. Серікбаев атындағы

Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ.

Өнеркәсіпті цифрлық трансформациялау және инженерлік процестерге жасанды интеллект технологияларын енгізу, жарияланған цифрландыру жылы шеңберінде дамудың басым бағыттары болып табылады. Тау-кен, химия және құрылыс салаларындағы неғұрлым энергияны көп қажет ететін операциялардың бірі ұсақтау процесі болып табылады, оның үлесіне кәсіпорынның жалпы энергия шығынының 50 %-на дейін келеді. Ұсақтау жабдығы жұмысының қалыпты емес режимдері электр энергиясының артық шығынына (15-25%), өнім сапасының төмендеуіне және тетіктердің тез тозуына әкеледі. Оңтайландыруға дәстүрлі тәсілдер, әдетте, бір мақсатты экстремизациямен (өнімділік немесе энергия тұтыну) шектеледі және өлшем шарттардың объективті қақтығысын ескермейді: ұнтақтау жіңішкелігін арттыруға өнімділікті төмендету және энергия сыйымдылығын арттыру есебінен қол жеткізіледі. Ұсақтау процесі жоғары тұрақсыздықпен яғни, бес және одан да көп технологиялық параметрлердің өзара әрекеттесуімен сипатталады және тұрақты бұзылуларға (ылғалдылықтың, қаттылықтың, шикізаттың гранулометриялық құрамының өзгеруі және т.б.) ұшырайды. Қазіргі заманғы өндірісті басқаруда жасанды интеллект жүйелері аппаратын қолдану өндірісті автоматтандыруды автоматты басқару және серіппелі диірмендерде ұсақтаудың жұмыс процестерін басқару жүйелерін дамытудың әлеуетті перспективасы бағыттарының бірі болып табылады [1, 65-72-бб.], [2, 1167-1180-бб.].

Зерттеулер үйкелісті-соққылы әсері бар зертханалық серіппелі-роторлы диірменде жүргізілді (1-сурет). Негізгі жұмыс органдары 65Г болаттан жасалған цилиндрлік серіппелі элементтермен жабдықталған қарсы айналатын екі ротор болып табылады.

Бастапқы шикізат - мөлшері 5-7 мм мәрмәр және әк үгінділерінің фракциялары.

Кіріс басқарылатын факторлар (X_1 - X_5):

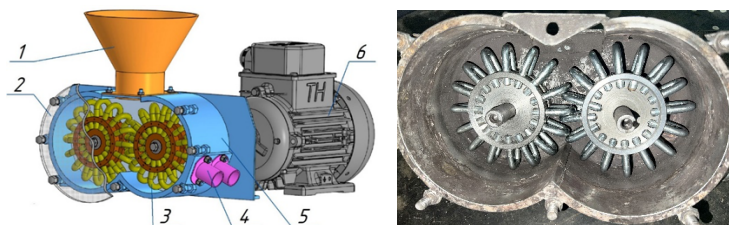
роторлардың айналу жиілігі (1500-2500 айн/мин);

ұнтақтау камерасының жүктеме дәрежесі (0,1-0,5);

роторлардың жұмыс аймағының жабылу шамасы (-15...+15 мм);

бүйір саңылауы (2-12 мм);

ұсақтау ұзақтығы (60-120 с).



1 - тиеу құбыры; 2 - алдыңғы қабырға; 3 - серіппелі ротор (жұмыс органы); 4 - тиеу люгі; 5 - корпус; 6 - жетек электр қозғалтқышы

1 сурет – Эксперименттік стендтің 3Д үлгісі

Оңтайландыру критерийлерін анықтайтын шығу параметрлері мынадай: ұнтақтау жіңішкелігі (71 мкм, R_{71} , %); өнімділігі (P , кг/сағ); меншікті энергия сыйымдылығы (Еуд, кВт·сағ/т). Зерттеу процесінде ұсақтау процесіне гибридік тәсіл әдістемесі әзірленді. Ұсынылатын әдістеме технологиялық процесті басқарудың толық өмірлік циклін іске асырады және өзара байланысты үш кезенді қамтиды.

1-кезең. Жасанды интеллект көмегімен көп материалды оңтайландыру (NSGA-II). Хартлидің 27 тәжірибеден тұратын ротатабельді жоспарының көмегімен әзірленген көп факторлы эксперименттің деректері негізінде барлық критерийлер үшін екінші реттегі полиномиалды модельдер құрылған. Оңтайландыру міндеті векторды үш критериялды азайту ретінде қалыптастырған:

Парето-оңтайлы шешімдерді іздеу NSA-II (DEAP кітапханасы, Python) генетикалық алгоритмімен орындалған. Параметрлер мынадай болды: популяция - 100, буын саны - 150, ықтималдығы - 0,9, мутация - 0,1.

2-кезең. Нейрожелілік сандық ұқсастық. Статикалық полиномдардың шектеулерін еңсеретін (нашар экстраполяция, шикізат қасиеттерінің өзгеруін есепке алмау) бейімделген болжамды

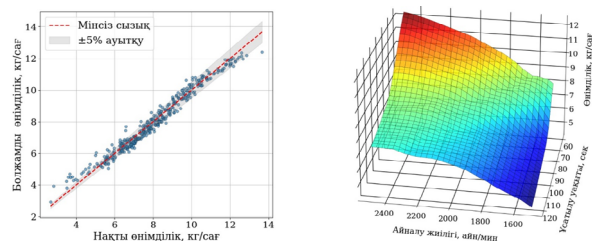
модельді жасау үшін жасанды нейрондық желі әзірленді. Деректер нормаланған және оқыту, валидациялық және тестілік іріктемелерге 80/10/10 пропорцияда бөлінген. Модель Adam алгоритмін (оқыту жылдамдығы 0,001) және MSE жоғалту функциясын (орташа шаршы қателік) пайдалану арқылы оқытылды. Модель сапасы R^2 детерминация коэффициенті, орташа абсолюттік қате және шашырау кестесі бойынша визуалды бағаланды.

3-кезең. Градиенттік түзетумен бейімделетін басқару. Жасанды интеллект классикалық ПИД-занды және нейрожелілік модель градиентінің негізінде басқару сигналын түзетуді үйлестіретін гибридік контроллер синтезделген. Түзету бір мезгілде бес технологиялық параметрді түзету арқылы сыртқы бұзылыстарды (шикізат қасиеттерінің өзгеруі, тозу) өтеуге мүмкіндік береді [6, 107-111-66.], [7, 162-165 -66.] .

Nsga-II алгоритмінің жұмысына сүйене отырып, жасанды интеллект мақсаттардың объективті қақтығысын бейнелейтін 37 басым емес шешімдердің алдыңғы бөлігін құрады (3-сурет). Максималды өнімділігі бар шешімдер (16,5 кг/сағ дейін) жоғары энергия сыйымдылығымен (6,2 кВт·сағ/т-ден жоғары) және сапасының төмендеуімен ($R_{71} > 28\%$) сипатталады. Өлшенген сома әдісімен тандалған ең жақсы шешіміне шешім (салмағы: $p = 0,4$, Еуд – 0,3, $R_{71} = 0,3$) 1-кестеде келтірілген.

1-кесте – Жасанды интеллект қалыптастырған компромисстік Парето-оңтайлы режим.

Параметрлер	Мәндері
Өнімділігі, P	14,2 кг/сағ
Меншікті энергия сыйымдылығы, Еуд	4,8 кВт·сағ/т
Ұнтақтаудың ұсақтығы, R_{71}	22,3 %
Айналу жиілігі, X_1	2150 айн/мин
Жүктеу дәрежесі, X_2	0.35
Роторлардың жабылуы, X_3	-7,5 мм
Үштық саңылау, X_4	8,5 мм
Ұсақтау уақыты, X_5	105 с



2 сурет - Нейрожелілік модельдеу және процесті талдау нәтижелері

жасанды интеллектті қолданып серіппелі-роторлы диірменде ұсақтау

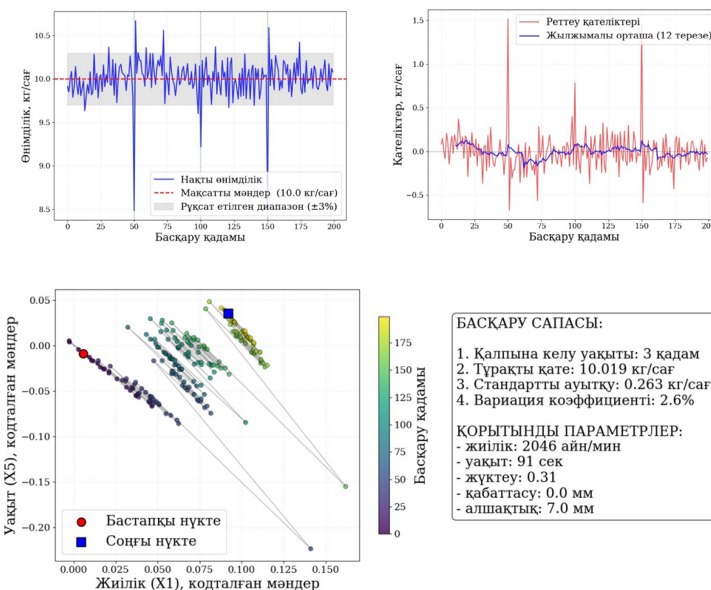
Тестілік іріктемеде нейрожелілік модель көрсетті: детерминация коэффициенті $R^2 = 0,974$; орташа абсолюттік қате $MAE = 0,68$ кг/сағ. Қайта орналастыру әдісімен факторлардың маңыздылығын талдау серіппелі роторлардың айналу жиілігінің басым рөлін (38,4%) анықтады, бұл процесс физикасына толық сәйкес келеді (кинетикалық энергия, байланыстар саны). Ұсақтау уақытының үлесі 25.9%, тиеу дәрежесі - 18.9% құрады. Жасанды интеллект басқарудың 200 қадамында үш сатылы бұзылумен (ылғалдылықтың, қаттылықтың, тозудың өзгеруі) жасанды интеллекттің нейрондық желісін имитациялық модельдеу жүргізді (3-сурет):

жүйе 12-15 қадамда өнімділікті 3% ү дәлізге қайтарады;

қалыптасқан реттеу қатесі 2.4% -дан аспайды;

бейімделудің фазалық портреті жүйенің орнықтылығын айғақтайтын жиналатын спираль түрінде болады.

2-кестеде жасанды интеллекттің бес тәсілді салыстыруы келтірілген, бұл мынаны растайды: тек гибридік тәсіл көптарапты іздеудің жаһандылығын, болжамның жоғары дәлдігін және нақты уақыттағы бейімделуді үйлестіреді. «Таза» NSA-II есептеуге 85 с талап етеді және шағымдануға бейімделмейді; классикалық ПИД бір мезгілде бес параметрді басқара алмайды.



3 сурет - Гибридік адаптивті процесті басқару жүйесінің жұмысы жасанды интеллект көмегімен бейнеленген бұзылулар болған кездегі ұсақтау

2-кесте – Оңтайландыру әдістерінің салыстырмалы сипаттамасы

Әдістер	Көпқырлылығы	Бейімділігі	Дәлдігі (R^2)	Есептеу уақыты, с
Аналитикалық шешім	жоқ	жоқ	0,94	0,02
Градиенттік түсу	жоқ	жоқ	0,92	1,8
NSGA-II	иә	жоқ	0,96	85,4
Нейронды желі + іздеу	иә	иә	0,974	12,3
Гибридік тәсіл	иә	иә	0,97	< 1,0

Толық циклды рәсімдеу: экспериментті жоспарлаудан бастап іске асыруға дейінгі нақты уақыт жүйесін синтездеу.

Практикалық маңыздылығы:

күтілетін технологиялық әсер: серіппелі-роторлы диірменнің өнімділігін 10-15% -ға арттыру, меншікті энергия тұтынуды 8-12% -ға төмендету.

әзірленген алгоритмдік және бағдарламалық құрал-саймандар «Индустрия 4.0» қағидаттарына сәйкес келеді және ұсақтау және ұсақтау жабдықтарының басқа түрлеріне бейімделуі мүмкін.

Одан әрі зерттеулер:

нейрожелілік модель негізінде болжамды басқаруды енгізуге; пайдалану процесінде толық оқытылатын, өздігінен оқытылатын цифрлық қосарланысты жасау;

шикізатты онлайн-талдау жүйелерімен интеграциялау (NIR-спектроскопия).

Жұмыста алғаш рет серіппелі-роторлы диірменде жұқа ұсақтау процесі үшін NSA-II, нейрожелілік сандық қосарланымды және градиенттік түзетумен бейімделген басқаруды біріктіретін гибридік тәсіл іске асырылды. Тәсіл:

карама-қайшы критерийлерді ескере отырып, көптеген Парето-оңтайлы режимдерді табу;

$R^2 > 0,97$ дәлдігімен өнімділікті болжау;

бұзылу кезінде процесті автоматты түрде тұрақтандыру (калпына келтіру уақыты 12-15 кадам, қате $< 2,5\%$).

Бұл жұмыста жасанды интеллект көмекші құрал емес, әдіснаманың жүйе құраушы өзегі болып табылады: дәл осы үш жасанды интеллект-парадигманың синергиясы (эволюциялық іздеу, терең оқыту, зияткерлік басқару) алғаш рет қатығыс критерийлерін бір мезгілде оңтайландыру және нақты уақыттағы шағымдануға бейімделу міндетін шешуге мүмкіндік берді. Дәстүрлі инженерлік тәсілдерден айырмашылығы, жасанды интеллект жай ғана автоматтандыруды емес, процесті зияткерлендіруді - Парето-оңтайлы режимдерді өз бетінше табу, жүйенің мінез-құлқын 97,4% дәлдікпен болжау және пайдалану барысында деректерден үйрену қабілеттілігін қамтамасыз етеді. Осылайша, жұмыс «Индустрия 4.0» қағидаттарының практикалық іске асырылуын көрсетеді, онда жасанды интеллект энергияны көп қажет ететін ұсақтау жабдығын бейімделген мінез-құлықты киберфизикалық жүйеге айналдырады, ал инженердің рөлі қолмен баптаудан тиімділікті стратегиялық талдауға ауысады.

Әзірленген әдіснама ашық бағдарламалық стекте (Python, DEAP, TensorFlow) толығымен іске асырылған және шетелдік коммерциялық пайдалануды талап етпейді, бұл импортты алмастыру және технологиялық егемендік саясатына сәйкес келеді.

Бұл жұмыста жасанды интеллект әдістерінің кешені қолданылды: көпқырлы оңтайландыру үшін NSS- II эволюциялық

алгоритм, 97,4% болжау дәлдігімен сандық қосарланымды құру үшін терең нейрондық желі, сондай-ақ нейрондық модель негізінде градиенттік түзетулері бар гибридік бейімделген контроллер. Технологиялық факторлардың әсерін түсіндіру үшін түсіндірілетін жасанды интеллект (Permutation Importance) әдісі қосымша пайдаланылды. Осылайша, жасанды интеллект көмекші құрал емес, толық циклді - Парето-оңтайлы шешімдерді іздеуден нақты уақытта бейімделген басқаруға дейін қамтамасыз ететін әдіснаманың жүйе құраушы өзегі болып табылады.

Жарияланымға байланысты зерттеулерді ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады: грант AP26102017 «Өсімдік шаруашылығы қалдықтарын қайта өңдеудің инновациялық технологиясына арналған жоғары өнімділікті параметрлерді негіздеу және жабдықтарды әзірлеу».

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Yu A.M., Hao Y. Effect of warping on natural frequencies of symmetrical cross-ply laminated composite non-cylindrical helical springs // International Journal of Mechanical Sciences. – 2013. – Vol. 74. – P. 65–72.

2 Yu A.M., Hao Y. Improved Riccati Transfer Matrix Method for Free Vibration of Non-Cylindrical Helical Springs Including Warping // Shock and Vibration. – 2012. – Vol. 19, No. 6. – P. 1167–1180.

3 Li, H. Optimization of the extrusion process for the development of extruded snacks using peanut, buckwheat, and rice blend / H. Li, Z. Xiong, X. Li // Journal of food processing and preservation. 2019. Sci. 43. № 12. 14264.

4 Frolov, V.Y. Theoretical aspects of the working process of a press extruder with a variable step auger for preparation of concentrated feed / V.Y. Frolov, E.A. Kotelevskaya, M.I. Tumanova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 52003.

5 Salem Ali Karrab and Mohamed Ali Ballem. Failure Analysis and Repair of a Broken Extruder Shaft: A Case Study. EJERS, European Journal of Engineering Research and Science. Vol. 5, No.1, 107-111, January 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.24018/ejers.2020.5.1.1738>

6 O.Lyashuk, Y.Pyndus, I.Lutsiv, Y.Vovk, L.Poberezhna, O.Tretiakov, R.Zolotyy. Fracture cause analysis of the extruder's shaft and geometry optimization of the spline. Journal of Mechanical Engineering and Sciences, Volume 13, Issue 1, pp. 4449-4460, March 2019. (<https://doi.org/10.15282/jmes.13.1.2019.08.0378>)

7 Shilong Li, Jun Lu. Finite Element Analysis of Worm Auger in Meat Grinder. Advanced Materials Research. 2014, Vols. 945-949, pp 162-165 <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.945-949.162>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

БАЙГУШКАРОВА А. Б.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Развитие транспортно – экспедиционной деятельности на современном этапе характеризуется кардинальной трансформацией под воздействием цифровых технологий.

Согласно данным исследования представленным в статье Нұрлана Д.Н. и соав. наблюдается спрос транспортной и логистической отраслей на передовые интеллектуальные технологии [1, с. 58]. Результаты данного исследования позволяют сделать вывод о том, что формирование и рост спроса на цифровые услуги в транспортно-экспедиционной деятельности является объективным следствием цифровой трансформации логистической инфраструктуры Казахстана. Это спрос выражается в расширении использования интеллектуальных транспортных систем, цифровых платформ управления потоками и аналитических сервисов и служит ключевой предпосылкой для дальнейшего совершенствования транспортно-экспедиционной деятельности в условиях цифровизации.

Современные цифровые интеллектуальные технологии полностью трансформируют облик отрасли, упрощая объединение в мультимодальные сети существующие виды транспорта.

Но, не смотря на явные преимущества цифровизации транспортно – экспедиционной деятельности, отрасль сталкивается с массой проблем несущих комплексный характер, которые препятствуют эффективному внедрению интеллектуальных технологий. К ключевым проблемам можно отнести: недостаток квалифицированных кадров, высокие порог входных инвестиционных затрат, проблемы интеграции разнообразных

цифровых интеллектуальных систем и необходимость обеспечения кибербезопасности.

Цифровая трансформация транспортно-экспедиционной деятельности представляет собой многоаспектный процесс, охватывающий комплекс услуг предоставляемых отраслью. Согласно Карте цифровой трансформации отрасли транспорта ключевыми направлениями развития определены такие направления как: биометрическая идентификации в 10 международных аэропортах до 2027 г.; внедрение интеллектуальных систем на 55% маршрутах железнодорожного транспорта; полное внедрение «зеленого коридора» в автомобильных пунктах пропуска к 2029 г. [2, с. 120].

Для систематизации ключевых цифровых технологий трансформирующих транспортно-экспедиционную деятельность на рисунке 1 представлена их классификация.

Представленная на рисунке 1 классификация показывает системный подход к цифровой трансформации, где каждая технология задействована как для решения специфических задач, так и для интеграции с другими компонентами экосистемы. Практическое применение в транспортно-экспедиционной деятельности реализуется в различных формах – от базовых систем мониторинга и интеллектуального планирования перевозок до перспективных решений на основе автономного транспорта и блокчейн платформ.

Наиболее востребованными на современном этапе являются технологии искусственного интеллекта, IoT и электронного документооборота, обеспечивающие повышение эффективности, прозрачности и управляемости транспортно-экспедиционных процессов. Искусственный интеллект используется в качестве базовой технологии, которая обеспечивает интеллектуальную обработку данных и принятие решений во всех сегментах логистической цепи.

Использование технологии машинного обучения дает возможность компаниям прогнозировать спрос на грузоперевозки, оптимизировать маршруты доставки и повысить эффективность складских операций на 30%, при сокращении времени доставки на 20-40 %, что может снизить затраты на логистику на 15-25 %./2/. [3, с. 12].

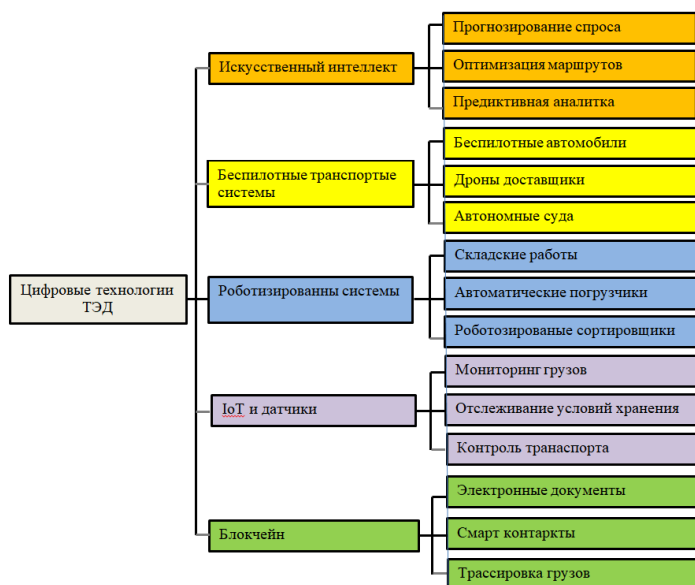


Рисунок 1 – Ключевые цифровые интеллектуальные технологии, применяемые в транспортно-экспедиционной деятельности

Искусственный интеллект в транспортно-экспедиционной деятельности используется для прогнозирования спроса (прогноз объемов перевозок, сезонных пиков, загрузки направлений), для оптимизации маршрутов (выбор оптимальных маршрутов с учетом времени, пробок, тарифов, ограничений) и предиктивной аналитики (прогнозирование задержек, рисков срыва поставок, простоев транспорта). Внедрение данных функций проводится в виде интеллектуальных модулей в TMS – платформах, аналитических панелей для экспедиторов, систем принятия решений рекомендательного характера. Таким образом, ИИ используется как инструмент поддержки управленческих решений экспедитора.

Беспилотные технологии в транспортно-экспедиционной деятельности в основном применяются в виде дронов для доставки документов и срочных малогабаритных грузов т.н. «последняя миля», в портовой логистике для мультимодальных перевозок на автономных судах, и в перспективе использование беспилотных автомобилей для магистральных перевозок на длинных плечах. Данный вид цифровых технологий реализуется в основном в

виде пилотных проектов, является перспективным направлением цифровой трансформации и экспериментальной зоной, где экспедиторы выступают координаторами таких перевозок.

Роботизация нашла широкое применение в складской логистике, для обработки грузов на логистических терминалах, ускорения погрузочно-разгрузочных операций (автоматические погрузчики), использование роботизированных сортировщиков для экспресс-логистики и e-commerce. Внедрение роботизированных систем даёт возможность интеграции складских систем клиента с перевозкой и управление временными окнами и потоками. Таким образом, роботизация повышает скорость и надежность экспедиторских операций.

Технология интернета вещей (IoT) в транспортно-экспедиторской деятельности используется для мониторинга грузов (местоположение, состояние, вскрытие), отслеживание условий хранения (температура, влажность, вибрация) и контроля транспорта (GPS/ГЛОНАСС, расход топлива, режимы движения).

Внедрение данных функций проводится в виде установки датчиков на контейнерах и транспортных средствах, использовании он-лайн панелей для экспедиторов, отправки автоматического уведомления клиенту.

IoT на современном этапе является базовой цифровой технологией, уже активно используемой перевозчиками и экспедиторами.

Блокчейн в транспортно-экспедиционной деятельности используется для электронного документооборота (e-CMR, e-коносаменты, электронные накладные), смарт контракты (автоматические расчеты между участниками перевозки, трассировка грузов что дает прозрачность цепей поставок и транзита. Однако, для внедрения технологии блокчейн необходима интеграция с государственными платформами и международными логистическими системами при осуществлении трансграничных перевозок. Блокчейн особенно актуален для международной экспедиции и транзита груза через территорию Казахстана.

В таблице 1 представлен анализ экономической эффективности исследуемых информационных интеллектуальных технологий [3, с. 12].

Таблица 1 – Экономический эффект цифровых технологий применяемых в ТЭД

Технология	Применение в ТЭД	Экономический эффект	Степень внедрения, период внедрения
Искусственный интеллект	Прогноз, маршрутизация, аналитика	Снижение затрат на 15-25%	Высокая, 2020-2027
IoT и датчики	Мониторинг грузов и транспорта	Снижение потерь на 20-30 %	Очень высокая, 2021-2025
Роботизированные системы	Складская и терминальная логистика	Повышение производительности на 40%	Средняя, 2022-2026
Блокчейн	Документооборот, транзит	Сокращение времени оформления на 50%	Средняя, 2024-2029
Беспилотные технологии	Магистраль, «последняя миля»	Сокращение расходов на персонал до 30%, ускорение времени доставки в 3-5 раз	Низкая (перспективно) 2023-2030

Проведя анализ данных в таблице 1 можно говорить о высоком экономическом потенциале цифровых технологий в транспортно - логистическом секторе. Особенно это применимо для экспедиторских услуг, т.к. наибольшую эффективность возможно получить при сокращении документооборота с использованием блокчейн технологий и повышении производительности складских операций через роботизированные системы. А период внедрения технологий показывает их зрелость и готовность к коммерческому применению транспортно-логистическими компаниями.

На рисунке 2 представлены этапы формирования цифровизации транспортно – логистических услуг. Данная эволюционная модель выделены переходы от традиционной линейной логистики к разветвленной многоуровневой инновационной системе транспортно-экспедиционных услуг. В каждом отдельном направлении интеллектуальных услуг формируются собственные сегменты, создающие синергетический эффект дающий новые возможности повышения эффективности транспортно-логистических процессов.

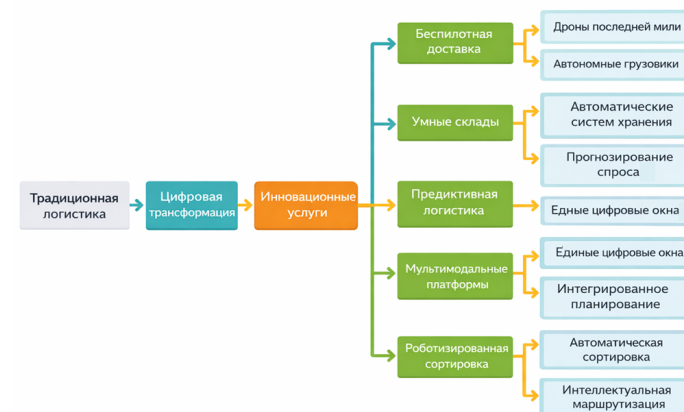


Рисунок 2 – Этапы цифровизации транспортно-логистических услуг

Одним из перспективных цифровых направлений развития транспортно-экспедиционной отрасли являются технологии интернет вещей (IoT) и технологии больших данных, так как они обеспечивают достаточную отслеживаемость и прозрачность на всех этапах логистической цепочки поставок [4, с. 569]. Применение датчиков IoT в режиме реального времени дает информацию о местонахождении груза, его состояния и других важных параметров. По данным международных аналитических компаний, число устройств в мире в 2026 году превысит 18-20 млрд единиц.

Систематизация интеллектуальных цифровых видов транспортно-логистических услуг представлена в таблице 2.

Данные инновационные услуги, указанные в таблице 2, оцениваются как высоко технологичные со специализацией на конкретных сегментах экономики. Каждая услуга формирует уникальные конкурентные преимущества, что обеспечивает дифференцированные стратегии развития логистических компаний. В то же время представленные высоко технологичные логистические услуги требуют сложных цифровых и инженерных решений, они ориентированы на узкие специализированные сегменты рынка, дающие компания конкурентное преимущество и позволяющее формировать уникальную стратегию развития, как инновационные логистические сервисы с высокой добавленной стоимостью.

Таблица 2 – Инновационно-цифровые технологии транспортно-логистических услуг

Инновационно-цифровые услуги	Применяемые Технологии	Ц е л е в ы е потребители	Конкурентные преимущества
Беспилотная доставка дронами	БПЛА (дроны), GPS навигация, AI (искусственный интеллект)	B2C, экстренные поставки	с к о р о с т ь , доступность удалённых районов
Роботизированная комплектация	AMR (автономный мобильный робот), CV (компьютерное зрение), AI (искусственный интеллект)	Е – commerce, р о з н и ч н а я торговля	т о ч н о с т ь , круглосуточная работа
Предиктивная аналитика поставок	Big Data (большие данные), ML (м а ш и н н о е обучение)	производство, ритейл	оптимизация запасов, снижение рисков
Мультимодальные цифровые коридоры	IoT (интернет вещей), blockchain, интегрированные платформы	между-народная торговля	прозрачность, сокращение времени
Умные склады	р о б о т ы , IoT (интернет вещей), WMS системы	все отрасли	эффективность, минимизация ошибок
Автономные грузовые перевозки	беспилотные ТС, 5G, AI (искусственный интеллект)	междугородние перевозки	снижение затрат, безопасность

В Казахстане наибольшая доля инвестиций направлена в искусственный интеллект и автоматизацию складов с использованием робототехнических систем. Данные технологии с высоким потенциалом повышения эффективности и быстрой окупаемостью, а также мощной поддержкой со стороны госструктур РК.

Сдерживающими факторами ускоренной цифровизации транспортно - логистической отрасли недостаток квалифицированных кадров, высокие инвестиционные затраты и трудности в интеграции множества различных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1 Нурлан, Д., Сапарова, Г., Хаустович, Н. Влияние цифровизации на развитие эффективности транспортной логистики. / Нурлан, Д // Статистика, учет и аудит. — 2025. — №4(99). С. 58–74.

2 Елешева, Ж., Изтелеуова, М., Жанбирова, Ж. Инновации в транспортной логистике и цифровые технологии // Вестник КазАТК. 2024. №132(3). С. 120–128.

3 Куцевалов, Д. А. Инновационные виды транспортно-логистических услуг: влияние цифровых технологий на развитие сектора транспортно-логистических услуг / Д. А. Куцевалов // Вестник Евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № s4.

4 Ван, М. Понятие, признаки и особенности использования инновационных видов транспортно-логистических услуг / М. Ван // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2023. — Т. 20, № 3. — С. 568–576.

USE OF HYDROGEN FOR PARTIAL SUBSTITUTION OF DIESEL FUEL IN DIESEL ENGINES: POSSIBILITIES AND LIMITATIONS

BAKYT G. B.

Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan
TLEUZHANOV B. B.

D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,
Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

MUZDYBAYEVA A. S.

D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,
Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

IBRAYEV B. M.

LLP «Electrovoz Kurastyru zaulyty», Astana, Kazakhstan

The modern stage of development of railway transport is characterized by increasing requirements for increasing energy efficiency and reducing the environmental burden of traction rolling stock. Despite the expansion of electrification of the railway network, diesel engines retain a significant share in the traction structure, especially on non-electrified sections and during shunting operations. The operation of diesel engines is accompanied by a high specific consumption of hydrocarbon fuel and significant emissions of pollutants, including nitrogen oxides (NOx), hydrocarbons and solids. The tightening of environmental standards and the need to improve fuel efficiency make it urgent to develop and introduce new approaches to organizing the work process of diesel engines [1, 2].

In this regard, special attention is paid to the use of alternative and additional types of fuel that provide partial replacement of traditional

diesel fuel. Hydrogen is considered as a promising energy carrier with high specific combustion heat and a number of specific physicochemical properties [3]. Key characteristics of hydrogen include high flame propagation rate, wide flammability range and low activation energy, which predetermines its high reactivity (Figure 1). The introduction of hydrogen into the fuel mixture leads to a significant transformation of the processes of mixture formation, ignition and combustion in the cylinder of a diesel engine [1, 4]. These features create prerequisites for intensification of heat release, increase of fuel combustion completeness and, as a result, improvement of engine power indicators. However, hydrogen has a low bulk energy density, which requires it to be compressed to high pressures (350-700 bar) or liquefied at cryogenic temperatures (-253 °C). This creates additional technical difficulties for storage and refueling systems, but modern materials and technologies successfully solve these problems.

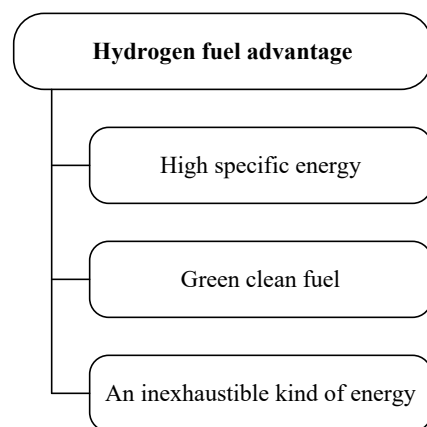


Figure 1 – Main advantages of hydrogen fuel.

An analysis of the scientific literature shows that the use of hydrogen in internal combustion engines has been actively investigated in recent decades. In the works of a number of authors, it was found that the addition of hydrogen helps to reduce ignition delay, increase the combustion rate and increase the completeness of fuel combustion [2, 5, 6]. It is also shown that the use of hydrogen-containing mixtures can lead to a decrease in emissions of carbon-containing components. At the same time, there is an increase in combustion temperature, which can contribute to an increase in nitrogen oxide emissions. Despite a significant

amount of research, most of the work is focused on automobile engines, while the features of the use of hydrogen in diesel locomotives are not well studied.

The relevance of this study is due to the need for a comprehensive analysis of the possibilities and limitations of the use of hydrogen for partial substitution of diesel fuel in diesel engines. Of particular interest is the identification of patterns of change in ignition and combustion characteristics, as well as the assessment of the effect of hydrogen additive on the efficiency and environmental performance of the engine [7].

The scientific novelty of the work lies in the systematization and theoretical justification of the effect of hydrogen additive on the key parameters of the working process of diesel locomotives. The study examines the relationships between the physicochemical properties of hydrogen and ignition characteristics, combustion rate and heat release. Particular attention is paid to the analysis of the conditions under which the optimal combination of increasing efficiency and limiting negative environmental effects is achieved.

The practical significance of the study lies in the possibility of using the results obtained in the development and modernization of diesel locomotives operating on hydrogen-containing fuel mixtures [5, 7]. The proposed approaches can serve as the basis for the introduction of hydrogen technologies in railway transport.

The purpose of this study is to analyze the possibilities and limitations of using hydrogen to partially replace diesel fuel in diesel engines.

To achieve this goal, the following tasks are solved in the work [3, 8]:

- study of the effect of hydrogen additive on ignition delay and combustion rate;
- evaluation of hydrogen influence on heat release and engine indicators;
- analysis of environmental aspects of the use of hydrogen-containing fuel mixtures;
- identification of the main advantages and limitations of hydrogen use in diesel locomotives.

Research materials and methods. In this study, a comprehensive theoretical and analytical approach was applied to assess the effect of hydrogen additive on ignition characteristics, combustion processes and performance of diesel diesel engines.

The methodological basis of the study is the provisions of thermodynamics, the theory of combustion and chemical kinetics, as well as generalized relationships used in the analysis of the working processes of internal combustion engines. Analytical and comparative research methods are used to identify the influence of the physicochemical properties of hydrogen on the ignition and combustion processes under diesel cycle conditions [9]. Input data include reference and literature values for hydrogen and diesel parameters such as auto-ignition temperature, calorific value, diffusion coefficients, thermal conductivity and flammability limits.

Ignition delay analysis is carried out on the basis of thermokinetic ideas about the course of the induction period. To assess the effect of the hydrogen additive, changes in temperature and pressure at the end of the compression stroke, as well as the chemical activity of the fuel mixture components, are taken into account [1, 10]. Reduction of ignition delay is considered as a consequence of accelerated formation of active elements (H, O, OH) involved in oxidation chain reactions.

The combustion rate is estimated taking into account the laminar and turbulent components of flame propagation. As part of the study, the effect of hydrogen on the increase in the speed of a laminar flame due to its high diffusion capacity and low molecular weight is considered. For turbulent combustion, intensification of mixing processes and an increase in the flame front area are taken into account. The analysis is carried out on the basis of known relationships relating the combustion rate to the composition of the fuel mixture, temperature and pressure in the engine cylinder.

The delay in ignition of diesel fuel can be described on the basis of empirical-kinetic relationships, taking into account the influence of temperature and pressure in the engine cylinder. In general, Arrhenius type dependence is used [8]:

$$\tau = A \cdot p^{-n} \cdot \exp^{\frac{E_a}{RT}}, \quad (1)$$

where: τ – ignition lag;
 A – empirical coefficient;
 p – pressure;
 T – temperature;
 E_a – activation energy;
 R – universal gas constant;
 n – exponent.

The addition of hydrogen leads to a decrease in the effective activation energy and an increase in the concentration of active radicals, which causes a decrease in τ_{ign} .

The Vibe equation is widely used to describe the heat dissipation process in diesel engines [11]:

$$dx = a^m \cdot (\varphi - \varphi_0)^{m-1} \cdot \exp^{-a} \cdot (\varphi - \varphi_0)^m \quad (2)$$

where: x – share of burnt fuel;
 φ – crank angle;
 φ_0 – start of combustion;
 φ_z – combustion duration;
 a, m – process shape parameters.

The study of heat dissipation is carried out using ideas about the law of heat dissipation in diesel engines. Influence of hydrogen additive on shape and position of heat release curve relative to crankshaft turning angle is considered. Shift of maximum heat release, change of intensity of initial combustion phase and degree of fuel combustion completeness are estimated [2, 12]. Based on these parameters, a qualitative assessment is made of the change in engine indicators, including maximum pressure and energy conversion efficiency.

To analyze environmental characteristics, the main mechanisms of the formation of nitrogen oxides are considered, including a thermal mechanism that is sensitive to combustion temperature. The evaluation is based on known kinetic relationships and qualitative analysis of temperature fields in the combustion zone.

Figure 2 illustrates the change in the main parameters of the working process when using hydrogen-diesel mixtures with different proportions of hydrogen. It can be seen that with an increase in hydrogen content, there is a decrease in ignition delay and an increase in combustion rate. At the same time, an increase in maximum combustion pressure and temperature is observed, which indicates an intensification of the combustion process and an increase in efficiency, but requires taking into account environmental restrictions [13].

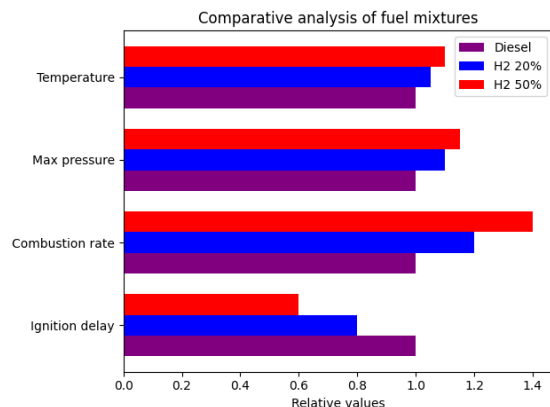


Figure 2 – Comparative analysis of operating process parameters when using diesel fuel and hydrogen-diesel mixtures of various compositions

Methods of generalization and systematization of literature data are also used within the framework of the study, which makes it possible to compare the obtained theoretical conclusions with the results of previously performed studies [5, 9]. This provides additional verification of the identified patterns and increases the reliability of the results obtained.

The research method used provides a comprehensive assessment of the effect of hydrogen additive on the key parameters of the working process of a diesel locomotive and allows us to identify the main patterns that determine the efficiency and environmental friendliness of its functioning.

Research results. As a result of a theoretical analysis, it was found that the introduction of a hydrogen additive into diesel fuel has a complex effect on ignition parameters, combustion processes and heat generation in the cylinder of a diesel engine. The most significant changes are observed in the characteristics of ignition delay, heat release rate and pressure distribution along the crankshaft angle.

Analysis of the relationship of ignition delay described by the Arrhenius equation showed that the addition of hydrogen leads to a decrease in the effective activation energy of the fuel mixture and the acceleration of chemical reactions at the stage of the induction period. For mixtures with a hydrogen content of about 20%, the reduction in

delay is moderate, while with an increase in the proportion to 50%, this effect becomes much more pronounced.

The results of the analysis of the heat release rate described by the Vibe equation show that the addition of hydrogen leads to a change in the shape of the heat release curve [6, 13]. It has been found that the start of combustion is shifted to the region of smaller crankshaft angles, and the duration of the combustion process is reduced. This is accompanied by an increase in the maximum heat release rate and a more intense course of the initial combustion phase.

Analysis of indicator diagrams built in the coordinates “pressure - crankshaft angle” confirms the obtained patterns. When using hydrogen-containing mixtures, there is a shift in the maximum pressure in the area close to the top dead center, as well as an increase in its peak value [14]. This is due to the acceleration of the combustion process and earlier heat generation. An increase in pressure in the initial phase of the operating cycle contributes to an increase in the indicator operation of the engine.

The indicator diagram (Figure 3) demonstrates that when using a hydrogen-containing mixture, a shift in maximum pressure is observed towards smaller crankshaft angles, that is, closer to the top dead center [10, 12]. At the same time, an increase in peak pressure is recorded compared to operation on traditional diesel fuel. This is due to the acceleration of ignition and combustion processes, as well as more intense heat generation at the early stages of the working cycle.

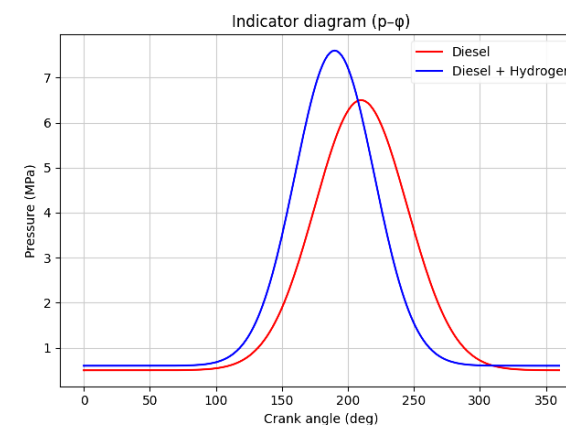


Figure 3 – Diesel Engine Indicator Charts p- Coordinate ϕ for Diesel Fuel and Hydrogen-Containing Mixture

At the same time, it was found that an increase in the proportion of hydrogen in the fuel mixture leads to an increase in the maximum combustion temperature. This effect is a consequence of high combustion rate and increased heat generation intensity.

Comparative analysis of various compositions of the fuel mixture showed that the effect of hydrogen is non-linear. With a moderate addition (about 20%), an optimal combination of reduced ignition delay, increased combustion rate and limited temperature growth is achieved [13]. With an increase in the share of hydrogen to 50%, there is a further increase in positive effects, however, accompanied by an increase in thermal load and an increase in NOx emissions.

1. Ignition delay. As a result of the analysis, it was found that the addition of hydrogen leads to a reduction in ignition delay by an average of 15-25% with a hydrogen content of about 20% in the fuel mixture. With an increase in the proportion of hydrogen to 50%, a decrease in ignition delay can reach 30-40%, which is associated with the intensification of chain reactions and the acceleration of the formation of active radicals.

2. Heat release rate. It has been found that the maximum heat release rate increases by 10-20% with a moderate addition of hydrogen and up to 25-35% with a higher its concentration. In this case, the duration of combustion is reduced by an average of 10-15%, which indicates the acceleration of the combustion process.

3. Indicators. Analysis of indicator charts shows that the maximum pressure in the cylinder increases by 5-12% with the addition of hydrogen, and its maximum shifts to the area 2-5° of crankshaft rotation closer to the top dead center. This indicates more efficient use of fuel energy.

4. Temperature and emissions. The increase in combustion temperature using hydrogen-containing mixtures averages 50-150 K, which can lead to an increase in nitrogen oxide emissions by 10-30%, depending on the operating mode of the engine and the composition of the mixture.

The obtained quantitative estimates are of a generalized nature and are consistent with the results presented in the scientific literature. The results of the study confirm that the use of hydrogen as an additional fuel can significantly intensify the processes of ignition and combustion in diesel engines. At the same time, the choice of a rational share of hydrogen is a key factor determining the balance between increasing efficiency and compliance with environmental requirements.

Discussion of results. The obtained results of theoretical analysis demonstrate that the use of hydrogen additive has a complex and ambiguous effect on the working process of a diesel locomotive engine [3, 9]. The revealed patterns of changes in ignition delay, combustion rate and heat release are consistent with the fundamental provisions of the theory of combustion and are explained by the physicochemical properties of hydrogen, including its high reactivity and low activation energy.

Reducing the ignition delay by 15-25% with moderate hydrogen addition and up to 30-40% at higher concentrations is one of the key factors determining the change in the structure of the working process. A decrease in the induction period leads to an earlier start of combustion and a shift of the maximum pressure by 2-5° of the crankshaft angle towards the top dead center. This contributes to a more efficient use of fuel energy, since most of the heat generation occurs during the most favorable phase of the working cycle.

Comparative analysis of various fractions of hydrogen shows that the effect of the additive is pronounced non-linear. With a hydrogen content of about 20 %, a rational combination of positive effects is achieved, including a decrease in ignition delay and an increase in combustion rate with a moderate increase in temperature [3, 11]. With an increase in the share of hydrogen to 50%, a further increase in combustion processes is observed, however, accompanied by an increase in thermal and mechanical loads on engine elements, as well as a deterioration in environmental indicators.

The study confirms the high prospects of using hydrogen as an additional fuel for diesel locomotives. At the same time, the effective implementation of this approach is possible only when optimizing the composition of the fuel mixture and the parameters of the working process, taking into account the compromise between increasing efficiency and compliance with environmental requirements.

Conclusions

The work carried out a theoretical analysis of the possibilities and limitations of using hydrogen to partially replace diesel fuel in diesel engines. It has been found that the addition of a hydrogen additive has a significant effect on ignition characteristics, combustion processes and heat generation in the engine cylinder. As a result of the study, the following results were obtained:

1 It has been found that the addition of hydrogen reduces the ignition delay by an average of 15-25%, and with an increase in its share to 50% - to 30-40%, which is due to an increase in the chemical activity of the fuel mixture.

2 It has been shown that the use of hydrogen-containing mixtures leads to an increase in the heat release rate by 10-20% (up to 25-35% with a high proportion of hydrogen) and a reduction in combustion duration by 10-15%.

3 The need for further experimental studies to clarify quantitative dependencies and develop practical recommendations for the introduction of hydrogen technologies in diesel locomotives is justified.

Funding: This article was prepared as part of a grant funding project for scientific research of the Ministry of Science and Higher Education on the topic No. AP22688234 «Development of a method to improve the operational efficiency of shunting locomotives».

REFERENCES

1 Lilik, G. K., Zhang, H., Herreros, J. M., Haworth, D. C., & Boehman, A. L. (2010). Hydrogen assisted diesel combustion. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(9), 4382–4398. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.01.105>

2 Karagöz, Y., Sandalcı, T., Yüksek, L., Dalkılıç, A. S., & Wongwises, S. (2016). Effect of hydrogen–diesel dual-fuel usage on performance, emissions and combustion characteristics. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(47), 22577–22586. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.09.152>

3 Rorimpandey, P., et al. (2023). Hydrogen–diesel dual-fuel direct-injection combustion characteristics. *International Journal of Hydrogen Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.12.479>

4 Wang, S., et al. (2023). Evaluation of hydrogen addition on combustion and emission characteristics in diesel engines. *Processes*, 11(9), 2675. <https://doi.org/10.3390/pr11092675>

5 Bakyt, G., Jailaubekov, Y., Abdullayev, S., Ashirbayev, G., Ashirbayeva, I. (2023). Assessment of carbon dioxide emissions in road transport, using exhaust gas cleaning technology, in the Republic of Kazakhstan. *Vibroengineering Procedia*, Vol. 48, pp. 87–92, Feb. 2023, <https://doi.org/10.21595/vp.2023.23163>.

6 Huynh, D. N. L., Nguyen, T. H., Nguyen, D. C., Vo, A. V., Nguyen, D. T., Nguyen, V. Q., & Le, H. C. (2024). Using hydrogen as potential fuel for internal combustion engines: A comprehensive assessment. *International Journal of Renewable Energy Development*, 14(1), 83–103. <https://doi.org/10.61435/ijred.2025.60707>

7 Verhelst, S., & Wallner, T. (2009). Hydrogen-fueled internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 35(6), 490–527. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2009.08.001>

8 Saravanan, N., & Nagarajan, G. (2010). Performance and emission studies of hydrogen-fueled diesel engine. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(7), 3449–3460. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.01.074>

9 Shalbayev K., Abdullayev S., Mazhitov S., Bakyt, G. (2023). Hydrogen Generator for internal Combustion Engine. *Journal of Applied Research and Technology*. Vol. 21 No. 4, P. 535-541. <https://doi.org/10.22201/icat.24486736e.2023.21.4.1963>

10 Lata, D. B., Misra, A., & Medhekar, S. (2012). Hydrogen–diesel dual fuel engine: Combustion analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(1), 608–622. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.09.106>

11 Rahman, M. M., Mohammed, M. K., & Bakar, R. A. (2014). Effects of hydrogen addition on diesel engine performance and emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1253–1262. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.006>

12 Yilmaz, I. T., Atmanli, A., & Ileri, E. (2017). Experimental investigation of hydrogen addition to diesel fuel. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(36), 23358–23365. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.02.102>

13 Das, L. M. (2002). Hydrogen engine: Research and development. *International Journal of Hydrogen Energy*, 27(9), 953–965. [https://doi.org/10.1016/S0360-3199\(01\)00157-5](https://doi.org/10.1016/S0360-3199(01)00157-5)

14 Kumar, M. S., & Ramesh, A. (2003). Hydrogen enrichment in diesel engines. *International Journal of Hydrogen Energy*, 28(10), 1143–1154. [https://doi.org/10.1016/S0360-3199\(02\)00203-0](https://doi.org/10.1016/S0360-3199(02)00203-0)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ МОДУЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОДГОТОВКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

ГАРБОВСКИЙ В. В.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

АБИШЕВ К. К.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Проблема повышения эффективности использования дизельного топлива в двигателях внутреннего сгорания является приоритетной для современного машиностроения. В условиях Республики Казахстан, где значительная часть грузового

и сельскохозяйственного парка представлена техникой с традиционными системами впрыска, актуальность поиска недорогих и эффективных методов модернизации возрастает. Особое внимание уделяется регионам с резко континентальным климатом, таким как Павлодар, где эксплуатация техники осложнена низкими температурами, влияющими на вязкость и испаряемость горючего.

На сегодняшний день основными направлениями развития дизельных систем являются:

Увеличение давления впрыска до 2000–2500 бар в системах Common Rail.

Применение многофазного впрыска для оптимизации процесса нарастания давления в цилиндре.

Использование каталитических присадок к топливу.

Однако данные методы имеют существенные недостатки: высокую стоимость прецизионных узлов и чувствительность к качеству очистки топлива. В связи с этим, физические методы воздействия на структуру топлива, такие как магнитная активация, представляют собой перспективную альтернативу.

Дизельное топливо — это сложная смесь жидких углеводородов (алканов, нафтеннов, аренов). Из-за наличия межмолекулярных сил притяжения молекулы топлива стремятся объединяться в ассоциаты (кластеры). При распылении форсункой такие кластеры образуют относительно крупные капли. Внешние слои капли сгорают быстро, создавая зону высокой температуры, в то время как внутренние слои подвергаются термическому разложению (пиролизу) без доступа кислорода, что ведет к образованию сажи.

Предлагаемый электромагнитный активатор воздействует на дипольный момент молекул углеводородов. Под влиянием градиентного магнитного поля происходит ослабление связей внутри ассоциатов. Это приводит к деструкции «гроздей» молекул, в результате чего топливо приобретает более однородную структуру и пониженную вязкость.

Модернизация подразумевает установку в разрыв топливной линии между фильтром тонкой очистки и насосом высокого давления (ТНВД) специального блока. Основные элементы конструкции:

Корпус: Изготавливается из дюралюминия или нержавеющей стали для исключения экранирования магнитного потока.

Активная зона: Состоит из набора кольцевых неодимовых магнитов (NdFeB) с высокой коэрцитивной силой.

Турбулизатор: Специальная внутренняя вставка, создающая вихревой поток топлива, что увеличивает время нахождения жидкости в зоне максимальной индукции поля.

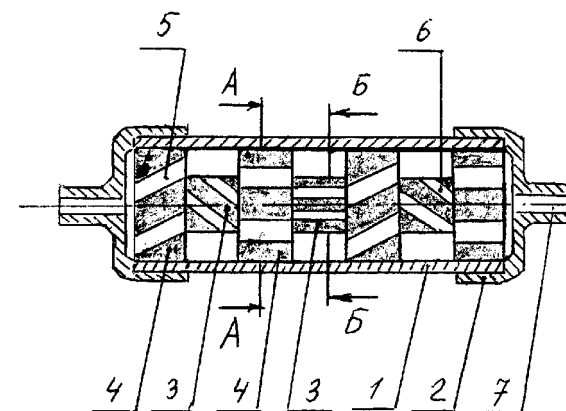


Рисунок 2 – Конструктивная схема проточного электромагнитного активатора в разрезе.

Испытания проводились на базе лабораторий Торайгыров университета. В качестве объекта исследования выступал дизельный двигатель средней мощности. Замеры проводились на установившихся режимах работы при различной степени нагрузки.

Таблица 1 — Влияние магнитной активации на экологические и технические показатели

Р е ж и м нагрузки (%)	Удельный расход (базовый)	У д е л ь н ы й р а с х о д (модернизированный)	С н и ж е н и е расхода (%)
20%	245 г/кВт·ч	242 г/кВт·ч	1,2%
50%	232 г/кВт·ч	224 г/кВт·ч	3,4%
80%	218 г/кВт·ч	206 г/кВт·ч	5,5%
100%	225 г/кВт·ч	214 г/кВт·ч	4,8%

Анализ данных показывает, что наибольшая эффективность активатора проявляется в зоне средних и высоких нагрузок, где расход топлива максимален. Снижение удельного расхода на 5,5% позволяет существенно сократить эксплуатационные затраты автопредприятий г. Павлодар.

Помимо экономии топлива, наблюдается снижение токсичности выхлопа. Благодаря мелкодисперсному распылу, количество несгоревших углеводородов (СН) и окиси углерода (СО) снижается на 15–20%. Также уменьшается количество твердых частиц (сажи), что благоприятно сказывается на ресурсе моторного масла и сажевых фильтров.

Обслуживание устройства сводится к периодической (раз в 15–20 тыс. км) очистке внутренней полости от скопившихся ферромагнитных частиц, которые активатор улавливает из топливного потока, выполняя роль дополнительного фильтра.

Разработанное техническое решение по совершенствованию конструкции топливной системы дизельных двигателей является экономически оправданным и технически реализуемым. Применение электромагнитной подготовки позволяет повысить полноту сгорания топлива, улучшить экологические показатели и снизить затраты на ГСМ в условиях северных регионов Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

1 Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. — М.: Легион-Автодата, 2005.

2 Файнлейб Б. Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник. — Л.: Машиностроение, 1990.

3 Пономарев Н. Н. Современные топливные системы дизелей Common Rail. — М.: Транспорт, 2017.

4 ГОСТ Р 53845-2010. Двигатели автомобильные. Топливная аппаратура дизелей. Термины и определения.

АНАЛИЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ГИБРИДНЫМ ДВС ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ РЕСТАРТА

ЕВФРАТОВ Д. Ж.

докторант, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Астана

БУЛАТОВ Н. К.

ассоц. профессор, к.т.н, Кокшетауский университет
имени А. Мырзахметова, г. Кокшетау

Гибридные транспортные средства характеризуются высокой частотой режимов остановки и повторного запуска двигателя

внутреннего сгорания (ДВС). В отличие от традиционных силовых установок, гибридный ДВС функционирует в условиях кратковременных и часто повторяющихся переходных процессов, сопровождающихся тепловой нестационарностью, изменением коэффициента остаточных газов и нестабильностью смесеобразования. Указанные особенности приводят к росту выбросов углеводородов и твердых частиц в начальный период работы, а также создают предпосылки для ускоренного образования углеродистых отложений.

Современные исследования 2020–2025 гг. подтверждают, что холодные и частично прогретые запуски оказывают существенное влияние на экологические и эксплуатационные показатели гибридных силовых установок [1–4]. В этих условиях особую значимость приобретают интеллектуальные алгоритмы управления, обеспечивающие адаптацию фаз газораспределения, параметров впрыска и теплового режима к текущему состоянию двигателя.

Целью работы является аналитическое исследование современных научных публикаций и патентных решений в области интеллектуального управления гибридным ДВС при переходных режимах рестарта, а также выявление причинно-следственной взаимосвязи между управлением фазами газораспределения, формированием температурного режима и процессами образования углеродистых отложений.

Особенности переходных режимов рестарта гибридного ДВС

Переходный режим рестарта характеризуется рядом специфических факторов: – пониженной температурой стенок цилиндра и выпускного тракта (часто ниже 150–200 °С после короткой стоянки); – нестабильным коэффициентом остаточных газов; – отклонением состава рабочей смеси от стехиометрического (возможное кратковременное обогащение, $\lambda < 1$); – задержкой достижения температуры light-off каталитического нейтрализатора (как правило, 250–300 °С).

Снижение температуры сгорания ниже характерных значений порядка 1700–1800 К приводит к замедлению кинетики окисления углеводородов и увеличению доли продуктов неполного сгорания, что создает предпосылки для последующего образования углеродистых отложений.

Экспериментальные исследования процесса пуска гибридных силовых установок показывают, что координация работы электродвигателя и ДВС позволяет снизить механические потери

и частично компенсировать нестабильность сгорания [1, 4]. Однако даже при оптимизированных стратегиях пуска наблюдаются повышенные выбросы углеводородов и твердых частиц, особенно в условиях низких температур окружающей среды [2, 3].

Анализ литературных данных позволяет выделить ключевую проблему: существующие исследования преимущественно рассматривают снижение выбросов в момент пуска, тогда как влияние алгоритмов управления на долговременные процессы нагарообразования изучено фрагментарно. Прямая связь между параметрами газораспределения при рестарте и интенсивностью накопления отложений в литературе практически не систематизирована.

Интеллектуальное управление фазами газораспределения при рестарте

Современные гибридные силовые установки оснащаются системами изменения фаз газораспределения (VVT), позволяющими адаптировать газообмен к текущему тепловому состоянию двигателя. Управление углами открытия и закрытия клапанов влияет на величину остаточных газов, динамику наполнения цилиндра и температуру сгорания.

Исследования в области термического управления выпуском показывают, что изменение фаз клапанов позволяет ускорить прогрев выпускного тракта и повысить температуру каталитического нейтрализатора [5]. Оптимизация параметров электромагнитных клапанных механизмов обеспечивает гибкость регулирования и снижение энергетических потерь [6].

Патент JP7713102B2 [9] описывает стратегию управления фазами при повторном запуске гибридного двигателя с учетом текущего состояния силовой установки. Алгоритм предусматривает адаптацию угла фаз впуска для стабилизации процесса сгорания и снижения выбросов в момент рестарта.

Сравнительный анализ публикаций показывает, что изменение фаз впуска в сторону увеличения доли остаточных газов способствует снижению механических потерь и смягчению нарастания давления, однако одновременно приводит к уменьшению средней температуры сгорания и снижению скорости тепловыделения. В условиях пониженной температуры стенок цилиндра это увеличивает вероятность неполного окисления углеводородов и формирования локальных зон с повышенной концентрацией сажи и промежуточных продуктов пиролиза. Таким образом, влияние VVT на тепловое состояние цилиндра носит нелинейный характер

и требует комплексной оценки с учетом термокинетических процессов.

Следовательно, управление VVT в переходных режимах должно рассматриваться как компромисс между требованиями по снижению выбросов и необходимостью обеспечения достаточного температурного уровня для стабильного окисления продуктов сгорания. При недостаточной температурной стабилизации увеличение доли остаточных газов может приводить к росту интенсивности нагарообразования несмотря на снижение выбросов NOx, что требует оптимизации алгоритмов управления с учетом комплексного термогазодинамического баланса.

Образование углеродистых отложений в переходных режимах

Формирование углеродистых отложений обусловлено сочетанием факторов: локального переобогащения смеси, пониженной температуры окисления и наличия остаточных продуктов неполного сгорания. Численные исследования влияния момента впрыска на процессы образования и окисления частиц подтверждают значимость температурного фактора в формировании внутрисилиндровых отложений [8].

Экспериментальные работы по снижению накопления отложений в GDI-двигателях демонстрируют эффективность корректировки состава топлива и применения присадок [7], однако влияние алгоритмов управления фазами газораспределения в переходных режимах остается недостаточно раскрытым.

Патент CN121273457A [10] рассматривает стратегию контроля и предотвращения образования отложений в условиях эксплуатации гибридного автомобиля. Решение основано на адаптивной коррекции параметров работы двигателя в переходных режимах и использовании диагностических алгоритмов оценки состояния системы.

Анализ патентных и научных источников позволяет сделать вывод о том, что в существующих исследованиях вопросы управления отложениями и управления фазами газораспределения зачастую рассматриваются раздельно, без комплексного анализа их взаимосвязи.

Взаимосвязь управления фазами, теплового режима и образования отложений

На основе проведенного анализа может быть сформирована следующая причинно-следственная модель (рисунок 1):

изменение фаз впуска при рестарте;

корректировка коэффициента остаточных газов;
изменение температуры и скорости нарастания давления;
влияние на кинетику окисления углеводородов;
изменение интенсивности образования углеродистых отложений.

Таким образом, системы VVT в гибридных силовых установках могут рассматриваться не только как инструмент оптимизации энергетических показателей, но и как средство косвенного управления процессами нагарообразования.

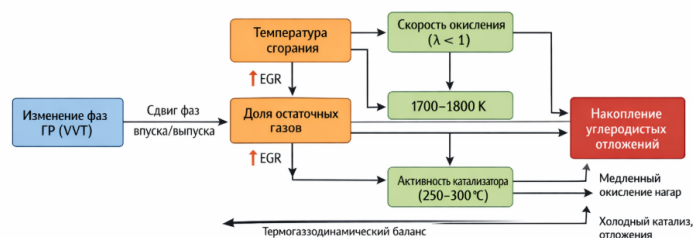


Рисунок 1 – Причинно-следственная схема влияния изменения фаз газораспределения на тепловой режим и интенсивность образования углеродистых отложений в переходном режиме рестарта гибридного ДВС

(Схема включает последовательность: изменение фаз впуска → изменение коэффициента остаточных газов → коррекция температуры и скорости тепловыделения → изменение кинетики окисления → формирование или подавление углеродистых отложений.)

Выявленный научный зазор заключается в отсутствии комплексных исследований, объединяющих тепловой анализ переходных процессов, алгоритмы изменения фаз газораспределения и динамику образования отложений. Систематизация данной взаимосвязи представляет собой перспективное направление развития интеллектуальных стратегий управления гибридными ДВС.

Таблица 1 – Влияние параметров управления фазами на тепловой режим и образование отложений

№	Параметр управления	Изменение теплового режима	Влияние на выбросы	Потенциальное влияние на отложения
1	Раннее открытие впускного клапана	Увеличение доли остаточных газов, снижение пиковой температуры	Снижение NOx, возможный рост HC	Повышенный риск неполного окисления и накопления нагара
2	Позднее закрытие выпуска	Улучшение наполнения, рост температуры сгорания	Стабилизация HC, возможный рост NOx	Снижение склонности к образованию углеродистых отложений при достаточной температуре
3	Сдвиг фаз выпуска	Ускорение прогрева выпускного тракта	Быстрое достижение light-off	Косвенное снижение образования отложений за счет стабилизации окислительных процессов
4	Адаптивное управление VVT в рестарте	Балансировка температуры и состава смеси	Комплексное снижение HC и частиц	Минимизация зон локального переохлаждения и переобогащения

В рамках настоящего исследования предлагается концептуальная модель интеллектуального управления гибридным ДВС при переходных режимах рестарта, основанная на согласованной корректировке фаз газораспределения, параметров впрыска и теплового состояния двигателя. В отличие от существующих подходов, ориентированных преимущественно на снижение выбросов в момент запуска, предложенная модель рассматривает управление фазами газораспределения как инструмент косвенного регулирования процессов образования углеродистых отложений. Предполагается, что адаптивная коррекция фаз впуска и выпуска в зависимости от текущего температурного состояния двигателя и коэффициента остаточных газов позволит снизить вероятность формирования зон локального переохлаждения и переобогащения смеси, являющихся ключевыми факторами нагарообразования. Данная концепция может служить основой для дальнейшей

разработки алгоритмов интеллектуального управления гибридными силовыми установками.

Перспективным инструментом анализа переходных процессов является численное моделирование нестационарных тепловых и газодинамических процессов с использованием методов CFD. При моделировании рестарта гибридного ДВС целесообразно применение нестационарной постановки задачи с шагом по времени порядка 1–5 мс, использованием турбулентных моделей типа k-ε или k-ω SST и моделей горения, основанных на концепции Eddy Dissipation Concept (EDC), что позволяет адекватно учитывать термокинетические особенности процесса сгорания в переходном режиме. Моделирование позволяет построить температурные карты камеры сгорания, оценить распределение тепловых потоков на клапанах и выявить зоны потенциального образования отложений.

Таким образом, проведенный анализ современных научных публикаций и патентных решений показал, что переходные режимы рестарта гибридного двигателя внутреннего сгорания характеризуются выраженной тепловой нестационарностью, отклонением коэффициента избытка воздуха от оптимального значения и повышенной вероятностью образования углеродистых отложений.

ЛИТЕРАТУРА

1 Su, Y.; Hu, M.; Huang, J.; Su, L.; Qin, D. (2021). Experimental and Characteristic Analysis during the Engine Start-Up Process for a Compound Power-Split Hybrid Electric Vehicle. *Applied Sciences*, 11(4), 1846. <https://doi.org/10.3390/app11041846>

2 Jiang, Y. et al. (2023). Impacts of cold starts and hybrid electric vehicles on on-road vehicle emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. (ScienceDirect, PII: S136192092300408X). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136192092300408X>

3 Wu, X.; Zhao, H.; He, L.; Yang, X.; Jiang, H.; Fu, M.; Yin, H.; Ding, Y. (2023). Impacts on real-world extra cold start emissions: Fuel injection, powertrain, aftertreatment and ambient temperature. *Environmental Pollution*, 324, 121339. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121339>

4 Ren, W.; Huang, J.; Zhang, L.; et al. (2025). Engine-Start Control for a Hybrid Electric Vehicle with a P2/P3 Configuration. *International Journal of Automotive Technology*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12239-025-00289-7>

5 Kim, J.; Vallinmaki, M.; Tuominen, T.; Mikulski, M. (2024). Variable valve actuation for efficient exhaust thermal management in an off-road diesel engine. *Applied Thermal Engineering*, 246, 122940. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.122940>

6 Fan, X.; Han, J.; Yin, J.; Zheng, L.; Shao, W. (2025). The Optimization Design of Variable Valve Parameters for Internal Combustion Engines Considering the Energy Consumption of a Composite Electromagnetic Valve Mechanism. *Actuators*, 14(4), 168. <https://doi.org/10.3390/act14040168>

7 Pielecha, I.; Stepień, Z.; Sz wajca, F.; Kinal, G. (2023). Effectiveness of Butanol and Deposit Control Additive in Fuel to Reduce Deposits of Gasoline Direct Injection Engine Injectors. *Energies*, 16(1), 77. <https://doi.org/10.3390/en16010077>

8 Zhang, Y.; Yang, R.; Yan, Y.; Li, R.; Fu, J.; Liu, Z. (2022). Numerical Investigations of Injection Timing Effects on a GDI Engine Performance: Part B, In-Cylinder Emission Formation and Oxidation Process. *Frontiers in Energy Research*, 10:823386. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.823386>

9 JP7713102B2 — Engine control device/method for engine with variable valve timing in hybrid vehicle (engine restart control). <https://patents.google.com/patent/JP7713102B2/en>

10 CN121273457A — Engine deposit control/cleaning strategy for hybrid vehicle conditions. <https://patents.google.com/patent/CN121273457A/en>

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РИСК ОПРОКИДЫВАНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ МАНЕРИРОВАНИИ

ЖАСЫМБЕКОВ А. С.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Проблема опрокидывания грузовых автомобилей остаётся одной из наиболее значимых в области безопасности движения, поскольку такие транспортные средства характеризуются большой массой, сравнительно высоким расположением центра тяжести и заметной зависимостью динамических свойств от условий загрузки. В отличие от легковых автомобилей, для тяжёлых грузовых машин порог поперечной устойчивости во многих режимах оказывается

ниже порога рыскательной неустойчивости, поэтому при прохождении поворотов и выполнении резких рулевых воздействий они имеют повышенную склонность именно к опрокидыванию. Особенно опасными являются ситуации, когда автомобиль входит в кривую на повышенной скорости или выполняет экстренное перестроение, поскольку при этом быстро возрастает боковое ускорение [1, 5].

С инженерной точки зрения опрокидывание представляет собой результат нарушения поперечного равновесия транспортного средства под действие инерционных сил, возникающих при движении по криволинейной траектории. При превышении допустимого уровня бокового ускорения происходят интенсивное перераспределение вертикальных нагрузок между левыми и правыми колёсами, а в предельном случае наблюдается отрыв колёс по отношению к повороту борта. В связи с этим актуальным является исследование факторов, которые в наибольшей степени определяют риск перехода грузового автомобиля в опасное положение при маневрировании [1, 8].

К числу основных конструктивных факторов относятся высота центра тяжести, ширина колеи, параметры подвески и компоновка транспортного средства. Одним из наиболее известных обобщенных показателей устойчивости против опрокидывания является статический фактор устойчивости, определяемый как отношение половины ширины колеи к высоте центра тяжести. Из этого соотношения следует, что увеличение высоты центра тяжести уменьшает запас устойчивости, тогда как увеличение колеи, напротив, способствует росту сопротивляемости опрокидыванию. Хотя не учитывает всех динамических эффектов, связанных с работой подвески, деформацией шин и электронными системами стабилизации, он отражает факторы первого порядка, определяющие склонность транспортного средства к опрокидыванию [1, 9].

Для грузовых автомобилей значение конструктивных параметров особенно велико, поскольку даже при одинаковой массе изменение геометрии кузова или платформы способно существенно повлиять на положение центра тяжести. Кроме того, в случае автопоездов устойчивость определяется уже не только параметрами тягача, но и характеристиками прицепа или полуприцепа. У составного транспортного средства тягач и прицеп имеют различные высоты центра тяжести и различные предельные уровни бокового ускорения, а во многих случаях развитие опрокидывания начинается

с колесного отрыва прицепа, после чего возникающий момент передается на тягач через сочленение [1, 2].

Отдельного внимания заслуживают характеристики подвески. Необходимо отметить, что упругие и демпфирующие свойства подвески оказывают влияние на углы крена кузова, скорость перераспределения нагрузки между колесами и величину динамических добавок к нагрузкам. Современные исследования по системам рассматривают в качестве ключевых переменных угол крена, скорость крена, боковое ускорение, рыскательную скорость и коэффициент поперечного перераспределения нагрузки, что косвенно подтверждает важность подвески в формировании устойчивости транспортного средства против опрокидывания [5, 6].

Среди эксплуатационных факторов важнейшую роль играют масса перевозимого груза, характер его размещения и общая степень загрузки автомобиля. При увеличении массы и повышении центра тяжести растет опрокидывающий момент, а следовательно, снижается допустимый уровень бокового ускорения, при котором транспортное средство еще сохраняет устойчивость. В официальных материалах по тяжелым транспортным средствам отмечается, что полностью загруженные грузовые автомобили гораздо более склонны к опрокидыванию, чем малозагруженные, поскольку именно в загруженном состоянии центр тяжести располагается выше. Дополнительную опасность представляет внесосевое размещение груза: если груз смещен в сторону, устойчивость автомобиля в одном направлении маневра будет ниже, чем в другом [4, 5].

Не менее важным фактором является возможное перемещение груза во время маневра. Для некоторых видов перевозок, в особенности при транспортировании жидкостей или недостаточно закрепленного груза, смещение массы может вызвать дополнительное увеличение кренящего момента и ухудшение поперечной устойчивости. Системы стабилизации тяжелых транспортных средств, прямо относят смещение груза в прицепе во время рулевого маневра к числу ситуаций, при которых риск опрокидывания существенно возрастает, а эффективность стандартных систем предотвращения может оказаться ограниченной [4, 10].

К эксплуатационным факторам также относится скорость движения, которая в условиях криволинейного движения оказывает первостепенное влияние на уровень бокового ускорения. В нормативных и исследовательских материалах подчеркивается, что слишком высокая скорость входа в поворот является одной из

наиболее типичных причин опрокидывания тяжелых транспортных средств. Это объясняется тем, что при увеличении скорости боковое ускорение растёт, а при достижении порогового значения транспортное средство теряет запас устойчивости [5, 9].

К дорожно-маневренным факторам относятся радиус поворота, резкость рулевого воздействия, коэффициент сцепления шин с покрытием, поперечный уклон дороги и качество дорожной поверхности. К наиболее типичным сценариям потери устойчивости относятся вход в кривую на слишком высокой скорости и резкие рулевые маневры, например одиночная или двойная смена полосы движения. В обоих случаях опасность определяется тем, что возникающее боковое ускорение может превысить порог креновой или рыскательной устойчивости [1, 8].

Особый интерес представляет влияние коэффициента сцепления. С одной стороны, более высокий коэффициент сцепления позволяет реализовать большие поперечные силы, а значит, транспортное средство может достичь более высоких уровней бокового ускорения до начала скольжения. С другой стороны, именно это создает условия для опрокидывания непосредственно на полосе движения. Среди рассматриваемых факторов скорость наиболее сильно коррелировала с максимальным боковым ускорением, а следом по влиянию шли полная масса автомобиля, коэффициент сцепления и радиус поворота [3, 5].

Радиус поворота тесно связан со скоростью и боковым ускорением. При уменьшении радиуса кривой возрастает требуемое центростремительное ускорение, вследствие чего риск опрокидывания увеличивается даже без изменения массы или компоновки транспортного средства. В моделировании коммерческих тяжелых автомобилей было показано, что при увеличении скорости число небезопасных режимов возрастает, тогда как рост коэффициента сцепления и радиуса поворота в исследованных условиях сопровождался уменьшением числа опасных состояний. Это подтверждает, что устойчивость при маневрировании определяется не отдельным параметром, а их совместным действием [1,9].

Для анализа риска опрокидывания в литературе применяют как простые геометрические, так и динамические показатели. К первым относится уже упомянутый статический фактор устойчивости, позволяющий на раннем этапе оценить влияние геометрии и положения центра тяжести. Однако при анализе маневрирования

более информативны динамические критерии, учитывающие перераспределение нагрузки между колесами и реакцию кузова на боковое воздействие.

Одним из наиболее распространенных динамических показателей является коэффициент поперечного перераспределения нагрузки. В современном обзоре по системам отмечается, что угол крена непосредственно отражает риск опрокидывания, тогда как рыскательная скорость и боковое ускорение характеризуют общую динамическую устойчивость автомобиля. Практическая ценность состоит в том, что позволяет оценивать степень разгрузки колес внутреннего борта и своевременно фиксировать приближение к предельному состоянию. Именно поэтому в современных системах активной и полуактивной стабилизации этот показатель широко используется как один из основных индикаторов опасности [1].

Показывается, что риск опрокидывания грузовых автомобилей при маневрировании формируется под воздействием трех крупных групп факторов: конструктивных, эксплуатационных и дорожно-маневренных. К наиболее значимым из них относятся высота центра тяжести, ширина колеи, параметры подвески, масса и распределение груза, скорость движения, радиус поворота и коэффициент сцепления шин с дорогой. На практике наиболее опасны режимы, в которых высокая скорость сочетается с малым радиусом траектории, значительной загрузкой, высоким расположением центра тяжести и резким рулевым воздействием [1, 10].

Таким образом, оценка устойчивости грузового автомобиля против опрокидывания не может основываться на каком-либо одном показателе. Для адекватного анализа необходимо учитывать как геометрические параметры транспортного средства, так и реальные условия эксплуатации, включая особенности загрузки и характеристики дорожной среды. Перспективным направлением дальнейших исследований является использование комплексных динамических критериев, объединяющих боковое ускорение, угол крена и перераспределение вертикальных реакций по колесам, а также разработка систем предупреждения и предотвращения опрокидывания при резких маневрах [8, 9, 10].

ЛИТЕРАТУРА

1 National Highway Traffic Safety Administration. Federal Motor Vehicle Safety Standards; Electronic Stability Control Systems for

Heavy Vehicles // Federal Register. – 2012. – Т. 77. – С. 30766–30818 [на англ. яз.].

2 McKnight A. J., Bahouth G. T. Analysis of large truck rollover crashes // Traffic Injury Prevention. – 2009. – Т. 10, № 5. – С. 421–426 [на англ. яз.].

3 Cerezo V., Conche F. Risk Assessment in Ramps for Heavy Vehicles—A French Study // Accident Analysis & Prevention. – 2016. – Т. 91. – С. 183–189 [на англ. яз.].

4 Iranitalab A., Khattak A., Bahouth G. Statistical modeling of cargo tank truck crashes: Rollover and release of hazardous materials // Journal of Safety Research. – 2020. – Т. 74. – С. 71–79 [на англ. яз.].

5 Ikhsan N., Saifizul A., Ramli R. The Effect of Vehicle and Road Conditions on Rollover of Commercial Heavy Vehicles during Cornering: A Simulation Approach // Sustainability. – 2021. – Т. 13, № 11. – Ст. 6337 [на англ. яз.].

6 Jin Z., Li J., Wang H., Li J., Huang C. Rollover Prevention and Motion Planning for an Intelligent Heavy Truck // Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2021. – Т. 34. – Ст. 87 [на англ. яз.].

7 Tota A., Dimauro L., Velardocchia F., Paciullo G., Velardocchia M. An Intelligent Predictive Algorithm for the Anti-Rollover Prevention of Heavy Vehicles for Off-Road Applications // Machines. – 2022. – Т. 10, № 10. – Ст. 835 [на англ. яз.].

8 Chen J., Wang R., Liu W., Sun D., Jiang Y., Ding R. A Review of Recent Advances in Roll Stability Control in On-Road and Off-Road Vehicles // Applied Sciences. – 2025. – Т. 15, № 10. – Ст. 5491 [на англ. яз.].

9 Castro F., Melo F. Q. de, Faria D., Ramos N. V., Moreira P. M. G. P., Vaz M. A. P. The Dynamic Behavior of Heavy Vehicles in Cornering Actions: An Assessment of the Problem // Applied Sciences. – 2025. – Т. 15, № 22. – Ст. 11959 [на англ. яз.].

10 Zheng X., Yu L., Ren Y., Li X., Liang B., Xi J. Modeling of Tank Vehicle Rollover Risk Assessment on Curved-Slope Combination Sections for Sustainable Transportation Safety // Sustainability. – 2025. – Т. 17, № 3. – Ст. 906 [на англ. яз.].

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИМАТИАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

ИСКАКОВ К. М.

ассоц. профессор, доцент Торайгыров университет, г. Павлодар
СЕМБАЕВ Н. С.

к.т.н, зав. кафедрой Торайгыров университет, г. Павлодар
ИСКАКОВ Д. К.

докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Современное развитие железнодорожного транспорта сопровождается внедрением цифровых технологий, направленных на повышение безопасности, надёжности и экономической эффективности перевозочного процесса. В структуре подвижного состава тележки грузовых вагонов занимают ключевое место, поскольку именно они воспринимают и передают основные динамические нагрузки, возникающие при движении по пути. Их техническое состояние определяет устойчивость вагона, равномерность распределения нагрузок на рельсовую инфраструктуру и интенсивность износа как элементов вагона, так и пути. [1, с. 24].

Эксплуатационные данные показывают, что до 35–40 % отказов подвижного состава связано с неисправностями тележек. Наиболее уязвимыми элементами являются буксовые подшипники, рессорные комплекты и колесные пары, подверженные интенсивному износу, усталостным повреждениям и термическим перегрузкам. При этом значительная часть дефектов выявляется на поздних стадиях, что приводит к необходимости проведения дорогостоящих ремонтов и увеличивает риск возникновения аварийных ситуаций.

Существующая система диагностики тележек базируется преимущественно на планово-предупредительном обслуживании и визуальных осмотрах, выполняемых через заданные интервалы пробега или времени. Данный подход не учитывает индивидуальные условия эксплуатации, такие как фактические нагрузки, режимы движения, состояние пути и климатические воздействия. В результате диагностика носит реактивный характер, фиксируя уже сформировавшиеся дефекты, но не обеспечивая их раннего выявления и предупреждения. Это приводит к снижению

эффективности технического обслуживания и увеличению эксплуатационных затрат. [2, с. 46].

Дополнительным направлением повышения точности диагностики является использование временных рядов эксплуатационных параметров. Анализ динамики изменения вибраций, температуры и нагрузок во времени позволяет выявлять не только текущие отклонения, но и устойчивые тренды деградации элементов тележки. В отличие от статических оценок, такой подход учитывает скорость изменения параметров, что особенно важно при раннем обнаружении дефектов. Например, постепенный рост температуры подшипника при стабильных внешних условиях может свидетельствовать о начале разрушения смазочного слоя или увеличении трения в узле. Таким образом, временной анализ повышает чувствительность диагностики и позволяет выявлять скрытые процессы на ранних стадиях.

Важным аспектом является также учет неопределённости и неполноты исходных данных, характерных для реальных условий эксплуатации. Данные, поступающие с датчиков и из эксплуатационных журналов, могут содержать шумы, пропуски и погрешности измерений, что снижает достоверность результатов анализа. Для повышения устойчивости системы применяются методы фильтрации, сглаживания и вероятностной оценки параметров. Интеграция таких подходов в интеллектуальную систему позволяет формировать более надежные прогнозы даже при ограниченном объеме информации. Это особенно актуально для железнодорожной отрасли, где условия эксплуатации существенно варьируются, а получение полной и непрерывной информации о состоянии тележек зачастую затруднено. [3, с. 55].

В условиях роста объемов перевозок и износа вагонного парка возникает необходимость перехода к предиктивной модели обслуживания, основанной на оценке фактического состояния узлов и прогнозировании их остаточного ресурса. Реализация такого подхода требует применения методов интеллектуального анализа, способных обрабатывать большие массивы эксплуатационных данных и учитывать сложный характер деградационных процессов.

Статистические методы анализа позволяют выявлять закономерности изменения параметров технического состояния тележек на основе накопленных данных. С их помощью определяются распределения времени до отказа, оцениваются вероятности возникновения неисправностей и устанавливаются корреляционные

зависимости между эксплуатационными факторами и износом элементов. Применение регрессионных моделей и вероятностных подходов обеспечивает возможность количественной оценки влияния таких параметров, как нагрузка на ось, уровень вибраций и температура подшипников, на надёжность тележки. Однако статистический анализ ограничен в описании динамики процессов деградации и не позволяет в полной мере учитывать стохастический характер внешних воздействий. [4, с. 102].

Имитационное моделирование дополняет статистический подход, обеспечивая воспроизведение физических процессов износа и накопления повреждений. Модели учитывают распределение нагрузок, динамику вибраций, температурные режимы и усталостные характеристики материалов. Использование стохастических элементов позволяет моделировать случайные воздействия, возникающие в процессе эксплуатации, включая неровности пути и переменные режимы движения. Вместе с тем точность имитационного моделирования зависит от корректности исходных параметров и требует калибровки на основе реальных данных.

Наиболее эффективным является интегрированный подход, при котором статистический анализ и имитационное моделирование функционируют в единой системе. Статистические методы используются для определения исходных параметров моделей и выявления закономерностей, а имитационное моделирование позволяет прогнозировать развитие износа во времени. Результаты моделирования, в свою очередь, применяются для уточнения статистических зависимостей, что обеспечивает адаптацию системы к изменяющимся условиям эксплуатации и повышает достоверность прогнозов.

Разработанная методика интеллектуального анализа предусматривает использование совокупности эксплуатационных параметров, включающих пробег с момента последнего ремонта, среднюю нагрузку на ось, виброускорения буксовых узлов, температурные режимы подшипников, степень износа колес и величину люфтов. На основе обработки этих данных формируется интегральный показатель технического состояния, отражающий текущий уровень деградации и вероятность отказа. Такой показатель позволяет учитывать совокупное влияние факторов и обеспечивает более точную оценку состояния по сравнению с традиционными методами.

Анализ синтетической базы данных показывает, что увеличение пробега, нагрузки на ось, уровня вибраций и температуры

сопровождается ростом износа колес и люфтов, что приводит к переходу тележки в критическое состояние. Наблюдаемая взаимосвязь подтверждает целесообразность использования комплексных диагностических параметров и демонстрирует возможность раннего выявления тенденций деградации. Это позволяет прогнозировать момент достижения предельного состояния и своевременно планировать ремонтные воздействия.

Применение предложенной методики обеспечивает переход от регламентного обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию, что позволяет сократить количество внеплановых отказов и оптимизировать ремонтные циклы. Повышение точности диагностики способствует увеличению межремонтного ресурса тележек и снижению затрат на эксплуатацию вагонного парка. Одновременно достигается рост уровня безопасности движения за счёт своевременного выявления потенциально опасных дефектов. [5, с. 32].

Таким образом, интеграция статистического анализа и имитационного моделирования в рамках интеллектуальной системы диагностики представляет собой обоснованное направление развития методов контроля технического состояния тележек грузовых вагонов. Предложенный подход обеспечивает комплексную оценку состояния, адаптацию к условиям эксплуатации и повышение эффективности управления надёжностью подвижного состава.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Асалиев А.М. Надёжность и диагностика вагонов железных дорог. — М.: Транспорт, 2018. — 256 с.
- 2 Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. — М.: Машиностроение, 2017. — 312 с.
- 3 Кузнецов В.Н., Соколов А.П. Техническая диагностика подвижного состава железных дорог. — СПб.: ПГУПС, 2019. — 284 с.
- 4 Жуков В.И. Основы теории надёжности технических систем. — М.: Высшая школа, 2016. — 303 с.
- 5 Зайцев А.А., Лебедев И.С. Современные методы диагностики подвижного состава // Железнодорожный транспорт. — 2021.45–50 с.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПУТЁМ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

ҚАБИДЕН А. М.

студент, Торайгыров университет, г. Павлодар

ГОЛОЦВАН И. С., ОҢҒАРХАН М.

магистранты, Торайгыров университет, г. Павлодар

СУЛЕЙМЕНОВ А. Д.

PhD, ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЗАРИПОВ Р. Ю.

магистр, ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Во время эксплуатации транспортных средств происходит постепенный износ всех узлов и агрегатов, тяжесть которого зависит от условий и режима эксплуатации. И как правило изношенный узел или его составной элемент просто меняют, но зачастую это нецелесообразно по экономическим соображениям, т.е. часто бывает так, что восстановить деталь экономичнее с точки зрения финансов, но не всегда по трудоемкости. Рассмотрев различные виды и методы восстановления деталей и их геометрических параметров, мной был сделан вывод что одним из самых оптимальных методов является нанесение гальванических покрытий.

Гальванические покрытия представляют собой слой металла или какого-либо сплава, наносимый на поверхность другого металла путём электролитического осаждения в растворе электролита (солей, кислот). Как основное преимущество данного метода следует выделить молекулярную адгезию, иными словами молекулярное «сцепление» ионов одного металла с ионами другого металла, что делает его более презентабельным на фоне механических воздействий.

Процесс протекает в гальванической ванне, которая по своей сути является электролитической ячейкой. В роли катода (минуса) выступает изделие, которое погружается в раствор электролита. Анодом (плюсом) выступает пластина и гранула осаждаемого металла, но иногда используют и инертные материалы. Сам же раствор электролита представляет собой водный раствор содержащий ионы осаждаемого металла с добавлением различных добавок и проводящих солей.

При подаче электрического тока на анод, ионы металла стремительно движутся на встречу к катоду, заполняя межмолекулярное пространство изделия, что позволяет устрани-

необнаруживаемые микротрещины. Если же анод растворимый, то протекает обратный процесс, металл окисляется и переходит в раствор для поддержания концентрации ионов оногo.

Как уже было сказано ранее из-за специфики протекаемого процесса происходит молекулярная адгезия, т.е. зацепление на молекулярном уровне, заполнение межмолекулярного пространства кристаллической решетки обрабатываемого металла. Это обеспечивает высокую стойкость и твердое осаждение на получаемом изделии, а также заполнение микротрещин, которые сложно обнаружить.

Как правило гальванические покрытия разделяют на 3 основные группы:

Защитные: функция которых защита металла от коррозии и заполнение трещин, сколов, а также несущие восстановительную функцию, например: цинкование для стали

Защитно-декоративную: сочетает в себе те же функции что и защитная, но с приданием изделию более «эстетического вида».

Функциональные: функция которых придание металлу каких-либо дополнительных свойств, например: свинцевание для придания антифрикционности, для снижения трения; меднение, для придания токопроводимости и т.п

Технологический цикл

Около 70% времени занимает подготовка изделия для последующего нанесения покрытия, с учётом специфики процесса технологический цикл выглядит следующим образом:

Механическая подготовка: Шлифовка, полировка, пескоструйная обработка.

Химическое обезжиривание: Удаление масел в горячих щелочных растворах.

Промывка: Каскадная промывка в проточной воде.

Травление/Декапирование: Удаление оксидной пленки непосредственно перед погружением в гальваническую ванну.

Нанесение покрытия: Электролиз в ванне.

Финишная обработка: Пассивация (для цинка), сушка, термическое обезводороживание (для снятия хрупкости сталей) и прочие технологические операции зависящие от специфики самого покрытия.

Технологические параметры процесса

Качество наносимого покрытия напрямую и очень чутко зависит от строгого соблюдения электролизных процессов:

Катодная плотность тока : Отношение силы тока к площади поверхности детали . С увеличением плотности тока скорость роста покрытия растёт, но при достижении критических значений структура становится рыхлой («подгар»).

Температура электролита: Влияет на вязкость раствора и скорость диффузии ионов. Обычно отклонение температуры поддерживается в узком диапазоне (от 2 до 5 градусов Цельсия).

Рассеивающая способность: Свойство электролита обеспечивать равномерную толщину покрытия на деталях сложной конфигурации (в углублениях и на выступах).

Выход по току : Отношение массы фактически осажденного металла к теоретически возможной по закону Фарадея.

Резюмируя вышеизложенную информацию можно сделать вывод, что нанесение гальванических покрытий является интересным и перспективным направлением как метод восстановления работоспособности детали, с очень специфической технологией, рядом требований и экономической выгодой, низкой трудоемкостью и универсальностью наносимых покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1 Лайнер В. И. Защитные покрытия металлов. — М.: Металлургия, 1987. — 248 с. (Фундаментальный учебник по гальванике).

2 Кудрявцев Н. Т. Электролитические покрытия металлами. — М.: Химия, 1979. — 352 с. (Классика, где расписаны все составы электролитов).

3 Молодык Н. В., Зенкин А. С. Восстановление деталей машин: Справочник. — М.: Машиностроение, 1989. — 480 с. (Главный справочник по ремонту автотранспорта).

4 Черноиванов В. И. Технология восстановления деталей сельскохозяйственной техники. — М.: Колос, 2003. (Современный подход к реновации).

5 ГОСТ 9.301-86. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ АВТОТОРМОЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

КОКИН С. Б.
научный сотрудник, Казахстанский институт науки
и технологий, г. Павлодар
САРМАНОВА К. Б.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Надёжность и эффективность тормозных систем железнодорожных грузовых вагонов напрямую связаны с безопасностью перевозок, сохранностью грузов и бесперебойной работой железнодорожного транспорта. В условиях роста объёмов перевозок и увеличения скоростей движения поездов требования к техническому состоянию автотормозов значительно возрастают.

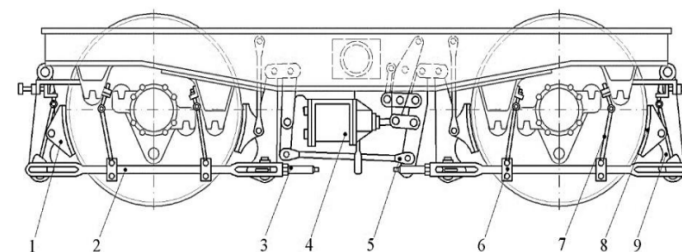
Механическая часть автотормозов подвержена интенсивному износу, что приводит к снижению эффективности торможения, увеличению тормозного пути и повышению риска аварийных ситуаций. Совершенствование конструкции и эксплуатационных характеристик механических узлов позволяет повысить надёжность работы тормозных систем, сократить затраты на техническое обслуживание и увеличить срок службы вагонов.

Кроме того, внедрение современных методов диагностики и оптимизация конструкции механической части автотормозов соответствует стратегическим задачам железнодорожной отрасли — обеспечению безопасности движения, снижению эксплуатационных расходов и повышению конкурентоспособности транспортных услуг.

Таким образом, исследование путей совершенствования механической части автотормозов железнодорожных грузовых вагонов является актуальной научной и практической задачей, имеющей важное значение для развития транспортной системы и повышения уровня безопасности перевозок.

Тормозная рычажная передача (рисунок 1) служит для равномерного распределения усилия между тормозными колодками и передачи его от поршня тормозного цилиндра на колеса локомотива. Тормозные передачи по принципу действия бывают с односторонним и двусторонним нажатием тормозных колодок на колеса локомотива. При одностороннем нажатии обеспечивается тормозное усилие с одной стороны колеса, при двустороннем

— с двух сторон. Каждой из схем свойственны преимущества и недостатки.



1 – башмак; 2 – тяга регулируемой длины; 3 – тормозная колодка;
4 – регулировочный валик; 5 – тяга постоянной длины; 6 – тяга;
7 – предохранительный трос; 8 – тормозная колодка; 9 – подвеска.

Рисунок 1 – Тормозная рычажная передача

Совершенствование механической части автотормозов железнодорожных грузовых вагонов требует комплексного подхода, учитывающего как технические, так и организационные аспекты эксплуатации. Автотормозные системы являются ключевым элементом обеспечения безопасности движения, и именно механическая часть — рычажные передачи, тормозные колодки, узлы трения и крепёжные элементы — подвергается наибольшему нагружению. В условиях роста скоростей движения и увеличения массы составов актуальной становится задача повышения надёжности и долговечности этих узлов.

Современные исследования показывают, что применение традиционных материалов для тормозных колодок и рычажных передач приводит к ускоренному износу и необходимости частого обслуживания. В работах отечественных и зарубежных учёных подчёркивается необходимость внедрения композитных материалов, обладающих повышенной стойкостью к трению и температурным воздействиям. Кроме того, актуальной является модернизация кинематических схем рычажных передач, позволяющая снизить люфты и обеспечить более равномерное распределение усилий.

Важным направлением совершенствования является внедрение систем автоматизированной диагностики. Установка датчиков износа и систем мониторинга позволяет своевременно выявлять неисправности и прогнозировать ресурс работы узлов. Это снижает вероятность аварийных ситуаций и уменьшает

затраты на внеплановый ремонт. Международный опыт, в частности практика железнодорожных компаний Европы и США, подтверждает эффективность цифровизации процессов технического обслуживания, включая использование «умных» датчиков и систем удалённого контроля.

Экономический эффект от внедрения предложенных мер выражается не только в снижении затрат на техническое обслуживание и уменьшении себестоимости перевозок, но и в увеличении межремонтных интервалов, что позволяет сократить простои вагонов и повысить общий коэффициент использования подвижного состава. Экологический эффект заключается в снижении выбросов вредных веществ за счёт применения новых материалов и технологий, а также в рациональном использовании ресурсов. Социальный эффект проявляется в улучшении условий труда работников, так как модернизированные системы требуют меньше ручных операций и обеспечивают более безопасную эксплуатацию.

Практическая ценность исследования путей совершенствования механической части автотормозов железнодорожных грузовых вагонов заключается в возможности непосредственного применения полученных результатов в эксплуатации подвижного состава. Совершенствование конструкции и оптимизация работы механических узлов тормозной системы позволяют повысить надёжность и эффективность торможения, сократить тормозной путь и снизить вероятность аварийных ситуаций. Это обеспечивает повышение уровня безопасности движения поездов и сохранности перевозимых грузов. Кроме того, внедрение предложенных решений способствует снижению эксплуатационных расходов за счёт уменьшения износа деталей, увеличения межремонтных интервалов и продления срока службы вагонов. Практическая ценность работы проявляется также в возможности использования разработанных рекомендаций при модернизации существующих тормозных систем и проектировании новых образцов железнодорожного подвижного состава, что в конечном итоге повышает экономическую эффективность и конкурентоспособность железнодорожного транспорта.

Совершенствование механической части автотормозов грузовых вагонов является комплексной задачей, включающей технические, экономические, экологические и социальные аспекты. Внедрение новых материалов, оптимизация конструктивных решений и цифровизация процессов обслуживания позволят обеспечить надёжность тормозных систем, снизить эксплуатационные расходы

и повысить уровень безопасности перевозок. В перспективе это создаёт основу для дальнейшей модернизации железнодорожного транспорта и его интеграции в международные стандарты устойчивого развития.

Перспективы развития механической части автотормозов железнодорожных грузовых вагонов на ближайшие 10-15 лет связаны с внедрением интеллектуальных систем управления и цифровых технологий. В мировой практике всё большее внимание уделяется созданию «умных» тормозных систем, способных автоматически адаптироваться к условиям эксплуатации и обеспечивать оптимальное распределение тормозных усилий. Это предполагает интеграцию механической части автотормозов с электронными блоками управления, которые будут анализировать данные датчиков износа, температуры и нагрузки в реальном времени.

Одним из ключевых направлений является разработка цифровых двойников тормозных систем. Такие модели позволяют прогнозировать поведение узлов при различных режимах эксплуатации, выявлять потенциальные неисправности и оптимизировать графики технического обслуживания. Внедрение цифровых двойников создаёт основу для перехода от планового ремонта к обслуживанию по фактическому состоянию, что значительно снижает затраты и повышает надёжность.

Перспективным направлением также является использование новых материалов — композитов, наноструктурированных покрытий и высокопрочных сплавов. Они обеспечат снижение массы узлов, повышение стойкости к износу и устойчивость к экстремальным климатическим условиям. В сочетании с автоматизированными системами диагностики это позволит увеличить ресурс работы механической части автотормозов и сократить количество внеплановых ремонтов.

Важным фактором развития станет интеграция тормозных систем в общую цифровую платформу управления движением поездов. Это позволит синхронизировать работу автотормозов с системами сигнализации и управления движением, обеспечивая более высокий уровень безопасности и эффективности перевозок. В перспективе возможно внедрение адаптивных тормозных систем, способных автоматически регулировать усилие в зависимости от массы состава, состояния пути и погодных условий.

Таким образом, в ближайшие десятилетия совершенствование механической части автотормозов будет происходить в направлении цифровизации, применения инновационных материалов и интеграции с интеллектуальными системами управления. Это обеспечит не только повышение надёжности и безопасности железнодорожных перевозок, но и соответствие современным международным стандартам устойчивого развития.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Современные тенденции развития тормозных систем грузовых вагонов // Труды ВНИИЖТ. – Москва, 2021. – №2. – С. 33-41.
- 2 UIC Code 541-06. Brakes – Freight wagons – Technical requirements. – Paris: International Union of Railways, 2015. – 112 p.
- 3 European Railway Agency. Technical Specifications for Interoperability – Rolling Stock. – Brussels, 2020. – 210 p.
- 4 Кузнецов В.И., Петров С.А. Совершенствование механической части автотормозов грузовых вагонов // Железнодорожный транспорт. – 2019. – №7. – С. 55-61.
5. Жумабаев Е.К. Повышение надёжности тормозных систем железнодорожных вагонов в условиях Казахстана // Вестник транспорта. – 2022. – №1. – С. 77-83.
- Smith J., Brown T. Advances in Freight Wagon Brake Systems // International Journal of Railway Technology. – 2021. – Vol. 10(2). – P. 89–104.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ И ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦИАЛА КАЗАХСТАНА

РОМАНЕНКО Д. В.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В условиях роста международной торговли и усиления конкуренции между глобальными транспортными маршрутами важную роль играет эффективность транспортно-логистической инфраструктуры. Оптимизация транспортных систем предполагает

развитие современных логистических центров, модернизацию транспортной сети и внедрение цифровых технологий управления грузопотоками. Особое значение данные процессы приобретают для государств, обладающих выгодным географическим положением и значительным транзитным потенциалом. Республика Казахстан занимает стратегически важное положение между крупнейшими экономическими центрами Европы и Азии, что создает благоприятные условия для развития международных транспортных коридоров и формирования эффективных логистических маршрутов [1, с. 3].

Современные исследования показывают, что развитие транспортно-логистических систем является важнейшим фактором повышения конкурентоспособности национальной экономики. Эффективная организация перевозочного процесса позволяет значительно сократить логистические издержки и повысить скорость доставки грузов [2, с. 7]. В условиях глобализации мировой экономики особое значение приобретает интеграция различных видов транспорта в единую транспортно-логистическую систему, обеспечивающую эффективное взаимодействие железнодорожного, автомобильного, морского и воздушного транспорта [3, с. 25].

Развитие логистических центров является одним из ключевых элементов оптимизации транспортной инфраструктуры. Логистические центры обеспечивают перераспределение грузопотоков, координацию работы различных видов транспорта и повышение эффективности перевозочного процесса. Использование современных логистических технологий позволяет значительно сократить время обработки грузов и повысить уровень обслуживания клиентов [4, с. 32].

Казахстан обладает значительным потенциалом для развития транзитных перевозок благодаря своему географическому положению и развитой железнодорожной сети. Через территорию страны проходят важнейшие международные транспортные маршруты, соединяющие страны Европы и Азии. В частности, важную роль играют такие транспортные направления, как международный транспортный коридор «Западная Европа – Западный Китай», Транскаспийский международный транспортный маршрут и коридор «Север – Юг» [5, с. 118].

Для повышения эффективности функционирования транспортно-логистической системы Казахстана необходимо учитывать основные факторы, влияющие на развитие транспортной инфраструктуры и организацию транзитных перевозок.

Таблица 1 – Основные факторы развития транспортно-логистической инфраструктуры

№	Фактор	Характеристика влияния
1	Географическое положение	Расположение на пересечении транспортных маршрутов Европа–Азия

Продолжение Таблицы 1		
2	Развитие инфраструктуры	Модернизация железных дорог, автомобильных трасс и портов
3	Логистические центры	Формирование мультимодальных транспортных узлов
4	Цифровизация логистики	Использование информационных систем управления перевозками
5	Международное сотрудничество	Участие в международных транспортных проектах

Анализ показывает, что значительную роль в развитии транзитных перевозок играет состояние транспортной инфраструктуры. Модернизация железнодорожных линий, строительство новых логистических терминалов и развитие портовой инфраструктуры позволяют повысить пропускную способность транспортных коридоров и увеличить объемы транзитных перевозок.

Организация международных транспортных коридоров требует применения логистических принципов управления транспортными потоками. Использование современных методов планирования перевозок позволяет оптимизировать маршруты движения грузов и снизить транспортные издержки [6, с. 70]. Кроме того, внедрение автоматизированных систем управления транспортными потоками позволяет повысить эффективность функционирования мультимодальных транспортных систем и улучшить координацию работ различных видов транспорта [7, с. 90].

В последние годы Казахстан активно реализует проекты, направленные на развитие транспортной инфраструктуры и увеличение транзитного потенциала страны. Развитие транспортных коридоров способствует укреплению экономических связей между странами и формированию новых логистических маршрутов.

Таблица 2 – Динамика развития транспортного сектора Казахстана

№	Показатель	2020	2021	2022	2023
1	Перевозка грузов, млн т	3950	4025	4180	4300
2	Грузооборот, млрд т-км	510	525	540	560
3	Доля железнодорожных перевозок, %	57	58	59	60

Развитие транспортно-логистической инфраструктуры Казахстана осуществляется в рамках государственной стратегии модернизации транспортного комплекса. Согласно концепции развития транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан до 2030 года, основными направлениями развития отрасли являются модернизация инфраструктуры, развитие мультимодальных перевозок и внедрение цифровых технологий управления транспортными потоками [9, с. 8].

Важным направлением развития международных транспортных коридоров является совершенствование Транскаспийского транспортного маршрута, который соединяет Китай, страны Центральной Азии, Кавказ и Европу. Развитие данного маршрута позволяет значительно сократить сроки доставки грузов между странами Азии и Европы и повысить конкурентоспособность евразийских транспортных маршрутов.

Анализ международного опыта показывает, что развитие логистической инфраструктуры является важным фактором повышения эффективности транспортных систем. Согласно исследованиям Всемирного банка, страны с развитой транспортной инфраструктурой обладают более высокой конкурентоспособностью на мировом рынке транспортно-логистических услуг [10, с. 40].

В Казахстане реализуется ряд инфраструктурных проектов, направленных на развитие транспортной системы и увеличение транзитного потенциала страны. Строительство новых железнодорожных линий, модернизация автомобильных дорог и развитие логистических центров способствуют увеличению объемов перевозок и повышению эффективности транспортной системы.

В отличие от существующих исследований, в которых развитие транспортно-логистической инфраструктуры рассматривается преимущественно с точки зрения модернизации отдельных элементов транспортной системы, в данной работе

предлагается комплексный подход к оптимизации инфраструктуры международных транспортных коридоров на основе интеграции логистических центров, цифровых технологий управления перевозками и развития мультимодальных транспортных систем. Научная новизна исследования заключается в обосновании взаимосвязи между развитием транспортно-логистических центров, цифровизацией транспортных процессов и ростом транзитного потенциала международных транспортных коридоров. Предложен подход к оптимизации транспортно-логистической инфраструктуры, основанный на системном анализе факторов, влияющих на эффективность функционирования транспортных коридоров, включая пропускную способность инфраструктуры, уровень развития логистических сервисов и степень интеграции информационных систем управления перевозками.

Кроме того, в исследовании уточнена роль мультимодальных транспортно-логистических узлов как ключевых элементов повышения эффективности международных перевозок. В отличие от традиционных подходов, ориентированных преимущественно на развитие отдельных видов транспорта, предлагается рассматривать транспортную систему как интегрированную логистическую сеть, обеспечивающую оптимальное распределение грузопотоков между железнодорожным, автомобильным и морским транспортом. Реализация предложенного подхода позволяет повысить эффективность использования транспортной инфраструктуры, сократить время доставки грузов и увеличить транзитный потенциал международных транспортных коридоров, проходящих через территорию Республики Казахстан.

Таким образом, оптимизация транспортно-логистической инфраструктуры является важным условием повышения эффективности функционирования международных транспортных коридоров и развития транзитного потенциала страны. Комплексная модернизация транспортной сети, создание современных логистических центров, внедрение цифровых технологий управления перевозками и развитие мультимодальных транспортных систем позволяют значительно повысить конкурентоспособность национальной транспортной системы и укрепить позиции Казахстана в глобальной транспортно-логистической сети

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems. – New York: Routledge, 2020. – 456 p. [на англ. яз.].
- 2 Christopher M. Logistics and Supply Chain Management. – London: Pearson Education Limited, 2016. – 328 p. [на англ. яз.].
- 3 Ballou R. Business Logistics Management. – New Jersey: Pearson Education, 2007. – 789 p. [на англ. яз.].
- 4 Елисеев С. Ю. Управление грузоперевозками в транспортных узлах с применением логистических центров / С. Ю. Елисеев // Транспорт Российской Федерации. – 2006. – № 2. – С. 32–34.
- 5 Kulmagambetova Zh., Izbairova A. Kazakhstan's transport potential and new logistics solutions in conditions of high competition for alternative routes and the implementation of the Belt and Road Initiative / Zh. Kulmagambetova, A. Izbairova // Вестник КазАТК. – 2024. – № 1 (130). – С. 118–124. [на англ. яз.].
- 6 Методология организации функционирования международных транспортных коридоров на основе логистических принципов: дис. ... д-ра техн. наук. – Санкт-Петербург, 2012. – 320 с.
- 7 Математическое и алгоритмическое обеспечение автоматизированного управления мультимодальными транспортными системами: дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2014. – 210 с.
- 8 Бюро национальной статистики Республики Казахстан. Основные показатели развития транспорта Республики Казахстан. – Астана, 2023. – 132 с.
- 9 Концепция развития транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан до 2030 года. – Астана, 2023. – 45 с.
- 10 World Bank. Connecting to Compete: Trade Logistics in the Global Economy. – Washington, 2023. – 96 p. [на англ. яз.].

РАЗРАБОТКА И ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КОВША ЭКСКАВАТОРА ДЛЯ РАБОТЫ В ТЯЖЕЛЫХ ГРУНТАХ

СЕРИК Д. А.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
АБИШЕВ К. К.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Экскаваторы являются одним из основных видов землеройной техники, широко применяемой в строительстве, горнодобывающей

промышленности, дорожных работах и при разработке полезных ископаемых. Эффективность работы экскаватора во многом определяется конструкцией его рабочего оборудования, ключевым элементом которого является ковш. Именно ковш непосредственно взаимодействует с грунтом, воспринимая основные силовые и ударные нагрузки в процессе копания.

В современных условиях всё чаще приходится работать с плотными, мерзлыми и скальными грунтами, а также с грунтами, содержащими твёрдые включения. Это приводит к увеличению сопротивления копанью, ускоренному износу режущих элементов ковша и возрастанию нагрузок на узлы и механизмы экскаватора. Непродуманная конструкция ковша снижает производительность машины, увеличивает расход топлива и приводит к росту затрат на обслуживание и ремонт.

Эксплуатация ковша экскаватора в тяжёлых грунтах представляет собой сложный технологический процесс, зависящий от совокупности природных, механических и эксплуатационных факторов. Условия работы определяются не только физико-механическими свойствами грунта, но и режимами работы экскаватора, глубиной копания, температурными условиями окружающей среды и характером выполняемых операций. Совместное влияние этих факторов формирует реальные нагрузки, воздействующие на ковш в процессе работы.

Особенностью работы ковша в тяжёлых грунтах является переменный характер сил сопротивления, возникающих на разных стадиях рабочего цикла: внедрение в грунт, наполнение, подъём и разгрузка. При этом величина и направление нагрузок изменяются во времени, что приводит к возникновению неравномерных напряжений в элементах конструкции. Такие условия требуют учёта динамики процесса копания при анализе работоспособности ковша [1].

Одним из эффективных подходов к учёту сложного характера нагружения является применение методов численного моделирования, в частности конечно-элементного анализа. Такие методы позволяют определить распределение напряжений и деформаций в конструкции ковша на различных этапах рабочего цикла, выявить зоны концентрации напряжений и потенциальные участки разрушения. Это даёт возможность на этапе проектирования внести изменения в геометрию и усиление конструкции, повысив

её надёжность и долговечность без проведения дорогостоящих натурных испытаний.

Работа экскаватора в тяжёлых грунтах, как правило, осуществляется при пониженных скоростях рабочего цикла и повышенных усилиях копания. Это обусловлено необходимостью постепенного внедрения ковша в грунт и предотвращения перегрузки рабочего оборудования. При этом возрастает продолжительность рабочего цикла, что напрямую влияет на производительность машины. Кроме того, частые изменения направления движения ковша и повторные циклы заглубления увеличивают утомляемость металла конструкции.

Дополнительным фактором, влияющим на условия работы ковша, является глубина и способ разработки грунта. При работе в узких котлованах и траншеях возрастает боковое давление грунта на стенки ковша, что повышает требования к их прочности. При разработке грунта на большой глубине увеличивается влияние массы заполненного ковша и нагрузка на соединения с рукоятью экскаватора.

Производительность экскаватора зависит не только от мощности машины, но и от качества навесного оборудования. Ковш, как главный рабочий элемент, влияет на скорость работ, расход топлива и срок службы техники. Чтобы мог уверенно справляться с плотным, тяжёлым или мерзлым грунтом, его усиливают режущими кромками и профилями. В нижней части конструкции расположен горизонтальный профиль, на котором крепятся зубья. Эти зубья не только помогают легче врезаться в почву, но и защищают саму кромку от быстрого износа. Вертикальные усиливающие элементы располагаются на боковых стенках, увеличивая жёсткость конструкции и предотвращая деформации (рисунок 1).

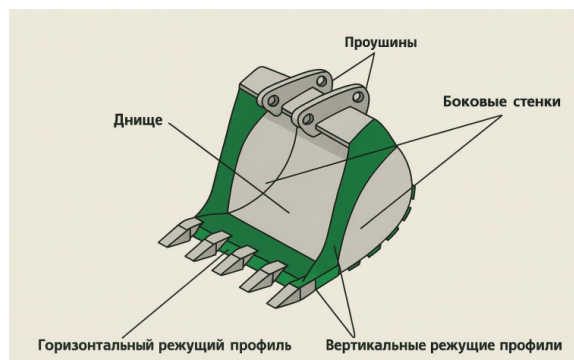


Рисунок 1 – Строение ковша

Выбирая ковш, важно ориентироваться не только на размер, но и на форму, материал изготовления и тип проводимых работ. Один и тот же экскаватор может работать по-разному в зависимости от того, какое навесное оборудование на него установлено.

Материал, из которого изготавливаются ковши, также играет решающую роль. Преимущественно используется низколегированная сталь. Она обладает высокой ударной вязкостью и отличной стойкостью к истиранию, что делает её подходящей для тяжёлых условий эксплуатации. В отличие от высоколегированной, она менее подвержена коррозии, но выигрывает в износостойкости, что особенно важно для интенсивных земляных работ [2].

Конструктивные параметры ковша оказывают непосредственное влияние на производительность экскаватора и энергозатраты при работе в тяжёлых грунтах. К основным параметрам относятся форма ковша, угол заострения режущей кромки, радиус кривизны днища, количество и форма зубьев, а также толщина стенок.

Рационально спроектированная форма ковша способствует более эффективному разрушению грунта и его равномерному заполнению. Оптимальный угол атаки режущей кромки позволяет снизить сопротивление копанию и уменьшить нагрузку на гидропривод. Использование сменных зубьев различной формы обеспечивает адаптацию ковша к конкретным условиям эксплуатации.

При контакте с твердыми материалами или промерзшим грунтом не исключается поломка или деформация ножей, зубьев и пальцев ковшей. Это приводит к снижению эффективности работы технического средства и качества выполняемых задач. Своевременный осмотр экскаваторного ковша поможет быстро

устранить неисправности и вернуть машине функциональность. Проведение ремонтных работ снижает финансовые потери от простоев экскаватора. Незначительные дефекты зубьев можно устранить путем наплавки металла без проведения их замены [3].

Применение высокопрочных и износостойких материалов, а также конструктивных усиления в зонах наибольшего износа, позволяет увеличить срок службы ковша без существенного увеличения его массы. [4].

Перспективным направлением повышения эффективности ковшей является использование адаптивных и модульных конструкций. Такие решения предусматривают возможность быстрой замены изнашиваемых элементов, включая зубья, боковые ножи и защитные накладки, непосредственно в условиях эксплуатации. Это значительно сокращает время простоя техники и снижает затраты на обслуживание. Кроме того, применение сменных элементов позволяет адаптировать ковш под различные типы грунтов без необходимости полной замены рабочего оборудования.

Ковш – это не просто стальной ящик на стреле экскаватора. Это высокотехнологичный инструмент, от которого зависит эффективность, производительность и надёжность всей машины. Правильно подобранный и оснащённый ковш позволяет сократить время на выполнение задач, снизить расход топлива, увеличить ресурс техники и повысить безопасность на объекте.

Хорошо подобранный ковш позволяет не только повысить производительность, но и уменьшить общее количество машин на объекте. То есть одна техника будет успевать делать больше работ без замены навесного оборудования. Современное навесное оборудование для экскаватора, поможет оперативно и качественно выполнить необходимый объём задач [5].

Понимание конструкции, типов и способов защиты ковшей позволяет выбрать оптимальный вариант под каждую конкретную задачу – будь то рытьё траншеи, планировка участка или работа в карьере. Уделяя внимание деталям, вы делаете технику по-настоящему эффективной.

ЛИТЕРАТУРА

1 Баловнев В. И. Машины для земляных работ. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

2 Конструкция ковша экскаватора и виды для любых задач / [Электронный ресурс]. – URL: [https://stk-parts.ru/articles/ustroystvo-](https://stk-parts.ru/articles/ustroystvo)

kovsha-eksavatora-i-ego-vliyanie-na-rabochiye-kharakteristiki (дата обращения: 17.03.2026).

3 Экскаваторные ковши: особенности конструкции, принципы работы, выполнение ремонта / [Электронный ресурс]. – URL: https://worknet-info.ru/read-blog/8550_eksavatornye-kovshi-osobennosti-konstrukcii-principy-raboty-vypolnenie-remonta.html?mode=night (дата обращения: 18.03.2026).

4 Тарасов В. Н. Рабочие органы землеройных машин. – М.: Машиностроение, 1990. –256 с.

5 Как выбрать ковш для экскаватора: размеры, формы, материалы и области применения / [Электронный ресурс]. – URL: <https://specm.by/blog/kak-vybrat-kovsh-dlya-eksavatora-razmery-formy-materialy-i-oblasti-primeneniya> (дата обращения: 17.03.2026).

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

ШИБИНСКИЙ К.В., САПАРГАЛИЕВ А.
магистранты, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЗАРИПОВ Р. Ю.

м.т.н., ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Актуальность темы исследования, степень ее разработанности. Пассивные системы поддрессирования (СП), в которых во время движения автотранспортного средства (АТС) упругие и демпфирующие характеристики остаются неизменными, являются наиболее распространенными в настоящее время. Это обусловлено сравнительно простой и надежной конструирующей таких СП, а также отсутствием потребности во внешнем источнике энергии.

Однако потенциальные возможности таких систем в удовлетворении растущих требований к плавности хода АТС, особенно автомобилей повышенной проходимости, предназначенных для движения в различных дорожных условиях, в том числе по бездорожью, весьма ограничены и практически достигли своего предела. В связи с этим пассивные СП сдерживают дальнейшее повышение виброзащиты водителя, пассажиров, перевозимых грузов, собственных агрегатов АТС и как следствие препятствуют росту эксплуатационных скоростей его движения.

Поэтому совершенствование СП, заключающееся в управлении ее упруго демпфирующими элементами во время движения АТС с целью повышения плавности его хода, является актуальной проблемой. В работах, посвященных исследованию управляемых СП, приводятся некоторые варианты их исполнения, а также различные алгоритмы управления упругими и демпфирующими элементами, однако в большинстве своем изменение характеристик упругих элементов рассматривается лишь в пределах ограниченного набора режимов и условий движения реального АТС.

В основном эффективность работы управляемой СП оценивается по улучшению показателей плавности хода, и не всегда рассматривается ее влияние на другие эксплуатационные свойства АТС, прежде всего связанные с безопасностью движения. Зачастую используются модели динамики АТС, не учитывающие пространственный характер движения тел, кинематику СП, особенности взаимодействия колес с опорной поверхностью, инерционность системы управления подвеской и т.п. Как правило, управление упругими и демпфирующими элементами СП рассматривается отдельно, без анализа их совместной работы. Поэтому вопрос об эффективности работы тех или иных управляемых СП остается открытым.

Целью работы является решение проблемы повышения плавности хода автомобиля повышенной проходимости (АПП) путем комбинированного управления упругодемпфирующими элементами системы поддрессирования.

Для достижения данной цели в работе были поставлены следующие основные задачи:

- 1) разработать математическую модель динамики АПП;
- 2) провести проверку адекватности математической модели динамики АПП реальному объекту на основе результатов дорожных испытаний АТС с пассивной СП;
- 3) разработать математическую модель динамики управляемой подвески (ГПР) в составе модели динамики АПП, учитывающую инерционность системы управления подвеской;
- 4) разработать алгоритм комбинированного управления упругодемпфирующими элементами СП, обеспечивающий значительное повышение плавности хода АПП;
- 5) с помощью разработанных моделей провести комплексную оценку эффективности работы управляемой СП по критериям

плавности хода, управляемости и устойчивости движения АТС с учетом инерционности системы управления подвеской.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Баловнев В. И. Машины для земляных работ. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
- 2 Конструкция ковша экскаватора и виды для любых задач / [Электронный ресурс]. – URL: <https://stk-parts.ru/articles/ustroystvo-kovsha-ekskavatora-i-ego-vliyanie-na-rabochiye-kharakteristiki> (дата обращения: 17.03.2026).
- 3 Экскаваторные ковши: особенности конструкции, принципы работы, выполнение ремонта / [Электронный ресурс]. – URL: https://worknet-info.ru/read-blog/8550_ekskavatornye-kovshi-osobennosti-konstrukcii-principy-raboty-vypolnenie-remonta.html?mode=night (дата обращения: 18.03.2026).
- 4 Тарасов В. Н. Рабочие органы землеройных машин. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
- 5 Как выбрать ковш для экскаватора: размеры, формы, материалы и области применения / [Электронный ресурс]. – URL: <https://specm.by/blog/kak-vybrat-kovsh-dlya-ekskavatora-razmery-formy-materialy-i-oblasti-primeneniya> (дата обращения: 17.03.2026).

Секция 17

Стандарттау, метрология және сертификаттаудың дамуының ғылыми-техникалық аспектілері
Научно-технические аспекты развития стандартизации, метрологии и сертификации

ПРИНЦИП НАУЧНОЙ ОБОСНОВАННОСТИ В РЕГУЛИРОВАНИИ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В ЕАЭС

АИТМАТОВА А. Т.

магистрант, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана

КУРМАНГАЛИЕВА Д. Б.

д.т.н., доцент, и.о. профессора, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана

Принцип научной обоснованности, предполагающий наличие последовательных, проверяемых и доказательных оснований

является одним из ключевых элементов философии науки. Однако отсутствие видимых противоречий в теоретическом построении не означает окончательную истину. Напротив, на основе наилучших научных данных принимаются рациональные решения. Особенность данного положения является значимость для областей, где невозможно достичь абсолютной достоверности, в том числе в регулировании факторов риска для здоровья человека.

В своей концепции К. Поппер рассматривал теорию как совокупность гипотез, которая подвергается постоянной проверке и опровержению. Критерием научности в данном подходе выступает фальсифицируемость, возможность опровержения выдвигаемых утверждений эмпирическими данными. Открытость научной теории к критике делает её объективной, отличая её от субъективных убеждений, верований и мнений. Указанные свойства стимулируют научный прогресс и являются основаниями для принятия общественных решений, которые затрагивают сферу здоровья и безопасности [1].

В дополнение к этому Т. Кун рассматривал научное знание как результат развития научных парадигм, признанных научным сообществом. Научное знание формируется в рамках научной парадигмы и признаётся сообществом при условии соответствия существующим исследованиям и подтверждения результатами экспериментов. В рамках данного подхода накопление знаний в пределах принятой научной парадигмы характеризует нормальную науку Т. Куна [2]. В контексте технического регулирования данный подход реализуется посредством деятельности экспертных сообществ и научных комитетов. Результаты экспертной оценки, лабораторных испытаний и анализа риска служат основанием для установления обязательных требований. Таким образом, критерием научности является не только проверяемость и опровержимость, но и признание сообществ [3, 4].

Наука опирается на принятые основания, а философия ищет обоснования в них, делая их объектом для размышления. Л.В.Шиповалова описала три важных элемента обоснования науки, во-первых, наука представляет собой предпосылочное знание, которое не обосновывает: это теории, предмет исследования, принципы, субъекты и социальность науки. Во-вторых, философия поясняет данные предпосылки, определяя их ясность и отчетливость. В-третьих, есть два подхода к обоснованию знания. Первое, способность науки обосновывать себя самостоятельно, автор назвал данный подход позитивным. А второй, метафизический

подход, стремление к основанию через философию. Таким образом, философия формирует представления о научности теории через теоретические анализы и экспертные заключения, которые в дальнейшем применяются в правовом регулировании [5].

Необходимость такого подхода объясняется спецификой системы правового регулирования. В отличие от науки, теоретические построения в правовой системе не обладают показателями истинности. Поэтому право заимствует у науки критерии научного знания такие как объективность, обоснованность, проверяемость, рациональность и воспроизводимость. Эти свойства проявляются через роли научных сообществ, которые участвуют в признании, пересмотре и опровержимости научных утверждений. Применение данных знаний позволяет праву устанавливать нормы и правила, понимать основу положений и принимать регуляторные решения в социально значимых сферах. Таким образом, рассматриваемый принцип направлен на то, чтобы научные знания были доказательными и подтверждались фактами и аргументами [6].

Обеспечение безопасности жизни и здоровья человека занимает приоритетное место в законодательстве Республики Казахстан. Вследствие этого устанавливаются обязательные к исполнению требования к объектам технического регулирования, таким как продукция, процессы и услуги. Особое значение придаётся пищевой продукции, поскольку любое отклонение на этапах её производства может повлечь необратимые последствия, включая причинение вреда здоровью населения. Следовательно регуляторные решения не могут приниматься интуитивно, а должны иметь научное обоснование [3].

Закон Республики Казахстан «О безопасности пищевой продукции» прямо закрепляет принцип научной обоснованности оценки риска, согласно которому регуляторные решения должны опираться на достоверные научные данные и методы. Оценка риска предполагает выявление, идентификацию и оценку факторов риска, после чего принимаются меры по ограничению выявленных рисков. Система управления рисками направлена на снижение опасных факторов и минимизацию их воздействия. Тем самым законодательство исключает субъективность решений и требует опоры на объективно проверяемое знание [4].

Технические регламенты выступают формой нормативного закрепления научного консенсуса, придавая научным выводам

обязательную юридическую силу [3]. Выбор для изучения принципа научной обоснованности обусловлен сферой правового регулирования, где объектом являются пищевые добавки, которые способны влиять на жизнь и здоровье человека. В системе технического регулирования Евразийского экономического союза (в дальнейшем - ЕАЭС) принцип научности реализуется через анализ риска. Анализ риска включает идентификацию опасностей, оценку их воздействия и разработку мер по управлению риском. Такая модель позволяет прогнозировать последствия опасных факторов и разрабатывать меры по их устранению, обеспечивая объективность и научную обоснованность нормативных решений.

Пищевые добавки, широко применяемые в пищевой промышленности, являются объектом строгого контроля со стороны регуляторов, поскольку их использование рассматривается как фактор возможного риска для здоровья населения. Безопасность пищевых добавок регулируется путем установления предельно допустимых значений признанные экспертами. Требования основываются на результатах анализа воздействия на организм, а также на токсикологических и научных исследованиях. После прохождения анализа регуляторного воздействия добавки могут применяться только при необходимости и в минимально допустимых количествах. Соответствие установленным требованиям осуществляет экспертиза и оценка соответствия. В условиях глобализации пищевых рынков данная проблема приобретает особую значимость в сфере безопасности пищевой продукции [7].

Обязательные требования к безопасности пищевых добавок устанавливаются в технических регламентах ЕАЭС, включая перечни разрешённых веществ, допустимые уровни их содержания и условия их применения. В случае выявления новых рисков или изменению научных представлений допускается возможность пересмотра нормативных требований. Данный подход отражает философское понимание научного знания как исторически изменчивого и открытого для корректировки [4, 7].

Принцип научной обоснованности в системе технического регулирования включает следующие элементы:

- объективность и независимость от субъективных интересов в оценке безопасности пищевых добавок;
- доказательность требований, основанная на результатах токсикологических, гигиенических и иных научных исследований;

- проверяемость установленных норм через подтверждения посредством экспертизы, мониторинга и пересмотра требований;
- системность регулирования, выражающуюся в согласованности технических регламентов, стандартов и процедур оценки соответствия [6].

Особое значение в формировании научно обоснованных требований имеют международные стандарты и рекомендации, которые носят универсальный характер, включая документы Codex Alimentarius Commission (GSFA). Экспертные оценки научных сообществ, результаты многолетних исследований, модели и методологические основы анализа риска признаны международно научными подходами [8].

Научная обоснованность различает эмпирические и теоретические уровни научных знаний. На основе отдельного эксперимента можно предположить, что данный консервант безопасен для употребления. Но для оценивания безопасности данных наблюдений недостаточно, так как они носят лишь вероятностный характер, включая зависимость от факторов условий и погрешности измерений. Следовательно, они не могут служить основой для регуляторных решений. Гипотеза нуждается в теоретическом обосновании, в случае технического регламента через построение модели оценки риска и установление предельно допустимого уровня. Соотношение теории и эксперимента позволяют объяснить полученные результаты [9].

В ходе теоретического анализа установлено, что принцип научной обоснованности является философским основанием в системе технического регулирования. Данный принцип реализуется через анализ риска и экспертную оценку, который выполняет функцию теоретического и практического механизма. Это позволяет принимать нормативные решения независимо от субъективных мнений или единичных наблюдений. Новизна исследования заключается в выявлении взаимосвязи между философскими основаниями научности и их закреплении в нормативно-правовой базе применения пищевых добавок в системе ЕАЭС. В данном подходе технические регламенты являются юридической формой научного знания. Отсутствие принципа научности может привести к снижению эффективности правового регулирования, возможным рискам и нарушениям [6].

ЛИТЕРАТУРА

1 Поппер К. Логика научного исследования / К. Поппер. - Москва: АСТ, 2021. – 576 с.

2 Kuhn T. S. The structure of scientific revolutions / Thomas S. Kuhn; with an introductory essay by I. Hacking. - 4th ed. - Chicago: University of Chicago Press, 2012. - 264 p.

3 Закон Республики Казахстан от 30 декабря 2020 года № 396-VI «О техническом регулировании» (с изменениями по состоянию на 01.01.2026 г.) // URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35533192 (дата обращения: 26.02.2026).

4 Закон Республики Казахстан от 21 июля 2007 года № 301-III «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 08.06.2024 г.) // URL: https://prg.kz/document/?doc_id=30114108&pos=0;-24 (дата обращения: 02.03.2026).

Шиповалова Л.В. О философском обосновании наук и научном достоинстве // Вестник Ленинградского государственного университета им. А. С. Пушкина. - 2011. - С. 97-104. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-filosofskom-obosnovanii-nauk-i-nauchnom-dostoinstve> (дата обращения: 07.03.2026).

Королев И.А. Принцип научной обоснованности // Образование. Наука. Научные кадры. - 2019. - № 01. - С. 55-57. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsip-nauchnoy-obosnovannosti/viewer> (дата обращения: 09.03.2026).

ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств»: принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20.07.2012 № 58. - URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/H12EV000058> (дата обращения: 11.03.2026).

Codex Alimentarius Commission. General Standard for Food Additives (GSFA). Codex STAN 192–1995. - Rome: FAO/WHO. - URL: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/gsfa/ru/> (дата обращения: 14.03.2026).

Степин В. С. История и философия науки : учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / В. С. Степин. - 3-е изд. - Москва: Академический проект, 2020. - 424 с.

Секция 18

Қазақстан мен әлемнің мұнай-газ саласының ағымдағы жағдайы, болжамы және мүмкіндіктері
Текущее состояние, прогноз и возможности
нефтегазовой отрасли Казахстана и мира

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

АСЫЛХАН Д. А.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье рассматриваются направления совершенствования режимов эксплуатации магистрального нефтепровода в условиях повышения требований к энергоэффективности, надёжности и промышленной безопасности. Актуальность исследования обусловлена необходимостью снижения эксплуатационных затрат и минимизации рисков аварий при транспортировке нефти на большие расстояния. Проанализированы основные факторы, влияющие на эффективность функционирования трубопроводной системы, включая гидравлические параметры потока, характеристики насосных агрегатов, температурный режим и физико-химические свойства нефти.

Особое внимание уделено вопросам оптимизации распределения давления по участкам трубопровода, регулированию производительности насосных станций и снижению гидравлических потерь. Рассмотрены возможности применения частотно-регулируемых приводов, автоматизированных систем управления технологическим процессом и цифрового мониторинга технического состояния оборудования. На основе расчетов показано, что рациональный выбор режимов перекачки позволяет снизить удельное энергопотребление, повысить коэффициент полезного действия насосов и увеличить срок службы оборудования.

Полученные результаты подтверждают целесообразность комплексного подхода к модернизации магистральных нефтепроводов, сочетающего технические, организационные и цифровые решения. Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенных мероприятий при эксплуатации действующих трубопроводных систем.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, эксплуатационный режим, оптимизация, энергоэффективность, насосные станции, гидравлические потери, автоматизация, промышленная безопасность.

Введение

Магистральные нефтепроводы являются ключевым элементом топливно-энергетического комплекса, обеспечивающим транспортировку значительных объёмов нефти на большие расстояния. Надёжность и эффективность их функционирования напрямую влияют на экономические показатели отрасли, энергетическую безопасность и экологическую устойчивость регионов. Стабильная работа трубопроводных систем определяет бесперебойность поставок сырья на перерабатывающие предприятия и экспортные направления, а также уровень конкурентоспособности нефтетранспортной инфраструктуры. В условиях ужесточения требований к промышленной безопасности, экологическим стандартам и рациональному использованию энергетических ресурсов особую актуальность приобретает совершенствование режимов эксплуатации магистрального нефтепровода [1, с. 45].

Эксплуатационный режим нефтепровода определяется совокупностью технологических параметров: давлением и температурой перекачки, расходом нефти, характеристиками насосного оборудования, состоянием линейной части трубопровода и физико-химическими свойствами транспортируемой среды. Существенное влияние оказывают вязкость и плотность нефти, протяжённость трассы, перепады высот, а также состояние внутренней поверхности труб. Нерациональный выбор режимов перекачки может приводить к повышенному энергопотреблению, неравномерному распределению давления по участкам, возникновению турбулентных зон и ускоренному износу насосных агрегатов. В результате увеличиваются эксплуатационные расходы, сокращается межремонтный интервал и возрастает вероятность аварийных ситуаций [2, с. 96].

Современные условия эксплуатации требуют перехода от традиционных статичных схем управления к гибким, адаптивным режимам, основанным на анализе текущих данных и прогнозировании изменений технологических параметров. В этой связи необходим комплексный подход к оптимизации рабочих режимов, включающий применение методов гидравлического и математического моделирования, цифрового мониторинга, автоматизированных

систем управления технологическими процессами и инструментов предиктивной диагностики оборудования. Такой подход позволяет учитывать динамику нагрузки, сезонные изменения характеристик нефти и внешние факторы эксплуатации [3, с. 81].

Научная новизна исследования заключается в разработке интегрированной модели адаптивного управления режимами эксплуатации магистрального нефтепровода, основанной на сочетании гидравлического моделирования и анализа больших массивов эксплуатационных данных. В работе предложен алгоритм оптимального распределения давления между насосными станциями с учётом текущей производительности и технического состояния оборудования. В отличие от традиционных методов, ориентированных на фиксированные расчётные параметры, предложенная модель обеспечивает возможность оперативной корректировки режимов перекачки в реальном времени, что позволяет минимизировать энергозатраты и повысить надёжность системы. Дополнительно обоснованы критерии оценки эффективности эксплуатации, включающие показатели удельного энергопотребления, коэффициента полезного действия насосов и интегрального уровня технологического риска.

Целью настоящей статьи является анализ путей совершенствования режимов эксплуатации магистрального нефтепровода и оценка эффективности предлагаемых технических и организационных решений с учётом современных требований к энергоэффективности, промышленной и экологической безопасности.

Материалы и методы

Исследование базируется на анализе эксплуатационных данных магистрального нефтепровода протяжённостью более 500 км с несколькими промежуточными насосными станциями. В качестве исходных материалов использовались:

- показатели давления и расхода нефти по участкам трубопровода;
- данные о температурном режиме транспортировки;
- характеристики насосных агрегатов (подача, напор, КПД);
- сведения об энергопотреблении оборудования;
- результаты диагностики технического состояния трубопровода.

Для оценки эффективности режимов перекачки применялись методы гидравлического расчёта, позволяющие определить потери давления на трение и локальные сопротивления. Использовались

уравнения неразрывности потока и Бернулли с учётом коэффициентов шероховатости внутренней поверхности труб.

Кроме того, проводилось математическое моделирование различных режимов работы насосных станций с использованием программных комплексов, позволяющих прогнозировать изменение давления и расхода при варьировании частоты вращения насосов. Для анализа энергоэффективности рассчитывался удельный расход электроэнергии на транспортировку 1 тонны нефти.

В рамках исследования были рассмотрены следующие направления совершенствования режимов эксплуатации:

- 1 Оптимизация графиков перекачки с учётом суточной и сезонной неравномерности;
- 2 Применение частотно-регулируемых приводов насосов;
- 3 Снижение гидравлических потерь за счёт очистки внутренней поверхности труб;
- 4 Внедрение автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП).

Результаты и обсуждение

1. Анализ существующих режимов эксплуатации

Первичный анализ показал, что работа насосных станций осуществлялась преимущественно в режиме постоянной производительности, без учёта текущей потребности в объёмах транспортировки. Это приводило к избыточному давлению на отдельных участках и повышенному энергопотреблению.

Было установлено, что до 12–15 % электроэнергии расходуется нерационально вследствие несогласованности работы насосных агрегатов. Кроме того, превышение допустимых значений давления ускоряет износ трубопровода и повышает риск аварийных ситуаций.

2 Оптимизация гидравлического режима

В результате моделирования были определены оптимальные значения давления на выходе каждой насосной станции, обеспечивающие минимальные потери напора при сохранении необходимой пропускной способности.

Расчёты показали, что снижение рабочего давления на 5–7 % позволяет уменьшить энергозатраты без снижения объёма транспортировки. Дополнительный эффект достигается за счёт регулярной очистки трубопровода от парафиновых отложений, уменьшающих эффективный диаметр трубы.

3 Внедрение частотно-регулируемых приводов

Одним из наиболее эффективных мероприятий стало применение частотно-регулируемых приводов (ЧРП), позволяющих изменять частоту вращения насосов в зависимости от требуемого расхода [4, с. 5].

Сравнительные показатели до и после внедрения мероприятий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные показатели работы нефтепровода

Показатель	До оптимизации	После оптимизации	Изменение, %
Среднее рабочее давление, МПа	6,5	6,1	–6,2
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	12,8	11,1	–13,3
К П Д насосных агрегатов, %	72	79	+9,7
Г о д о в ы е эксплуатационные затраты, млн тенге.	100	87	–13

Представленные в таблице 1 данные наглядно демонстрируют эффективность внедрения комплекса мероприятий по совершенствованию режимов эксплуатации магистрального нефтепровода. Снижение среднего рабочего давления с 6,5 до 6,1 МПа (на 6,2 %) свидетельствует о более рациональном распределении нагрузок по участкам трубопровода и уменьшении избыточного напряжения в системе. Это позволяет не только сократить энергозатраты, но и снизить уровень механического износа линейной части и оборудования насосных станций.

Наиболее значимый эффект достигнут в части энергопотребления: удельный расход электроэнергии уменьшился с 12,8 до 11,1 кВт·ч/т, что составляет снижение на 13,3 %. Данный результат подтверждает целесообразность применения оптимизированных режимов перекачки и использования частотно-регулируемых приводов. Одновременно наблюдается рост коэффициента полезного действия насосных агрегатов с 72 % до 79 %, что отражает повышение эффективности их работы в оптимальной зоне характеристик.

Экономический эффект выражается в сокращении годовых эксплуатационных затрат на 13 млн тенге. Это обусловлено снижением расходов на электроэнергию, уменьшением потребности в ремонтах и повышением общей надёжности системы. Таким

образом, полученные показатели подтверждают практическую значимость реализованных мероприятий и их экономическую обоснованность.

4 Автоматизация и цифровой мониторинг

Внедрение автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП) стало одним из ключевых направлений совершенствования режимов эксплуатации магистрального нефтепровода. Современные цифровые решения обеспечивают непрерывный сбор и обработку данных о параметрах транспортировки нефти в режиме реального времени. Контроль давления, температуры, расхода, вибрации насосных агрегатов и состояния запорной арматуры позволяет поддерживать оптимальные технологические режимы и своевременно выявлять отклонения от нормативных значений.

Использование датчиков высокой точности и интеграция их в единую информационную систему обеспечили централизованное управление насосными станциями. Операторы получили возможность дистанционно регулировать частоту вращения насосов, перераспределять нагрузку между агрегатами и корректировать параметры перекачки в зависимости от текущей производственной ситуации. Это особенно важно при изменении вязкости нефти, сезонных колебаниях температуры окружающей среды и неравномерности поставок.

Дополнительным преимуществом цифрового мониторинга стало внедрение элементов предиктивной аналитики. На основе накопленных данных и анализа трендов изменения параметров разрабатываются прогнозные модели технического состояния оборудования. Система способна выявлять ранние признаки износа подшипников, кавитации насосов, разгерметизации соединений и других потенциальных неисправностей. Это позволило перейти от регламентного обслуживания к обслуживанию по фактическому состоянию оборудования, что значительно повысило экономическую эффективность эксплуатации.

Результаты внедрения автоматизации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели эффективности автоматизации и цифрового мониторинга

Показатель	До внедрения АСУ ТП	После внедрения	Изменение, %
Количество внеплановых остановок в год	14	6	–57
Средний межремонтный интервал, мес.	12	18	+50
Время реагирования на отклонения, мин	30	8	–73
Потери нефти при нештатных ситуациях, т/год	120	45	–62,5

Как видно из таблицы, внедрение автоматизированных систем позволило существенно повысить надёжность функционирования трубопроводной системы. Количество внеплановых остановок сократилось более чем в два раза, а межремонтный интервал увеличился на 50 %. Значительно уменьшилось время реагирования на отклонения технологических параметров, что повысило уровень промышленной безопасности. Снижение технологических потерь нефти свидетельствует о повышении герметичности и устойчивости системы к нештатным ситуациям.

Таким образом, цифровизация процессов управления магистральным нефтепроводом обеспечивает комплексный положительный эффект — технический, экономический и экологический, а также формирует основу для дальнейшего развития интеллектуальных систем управления трубопроводным транспортом.

5 Экономический и экологический эффект

Снижение энергопотребления приводит к уменьшению косвенных выбросов парниковых газов, связанных с выработкой электроэнергии. Таким образом, совершенствование режимов эксплуатации способствует не только экономической, но и экологической эффективности транспортировки нефти.

Экономический эффект определяется снижением затрат на электроэнергию, ремонт оборудования и ликвидацию последствий возможных аварий. По расчётам, срок окупаемости внедрения частотно-регулируемых приводов и автоматизированной системы управления составляет 2–3 года.

Выводы

Совершенствование режимов эксплуатации магистрального нефтепровода является важным направлением повышения энергоэффективности и надёжности транспортировки нефти.

Основными факторами оптимизации являются рациональное распределение давления, регулирование производительности насосных агрегатов и снижение гидравлических потерь.

Внедрение частотно-регулируемых приводов и автоматизированных систем управления позволяет сократить удельное энергопотребление более чем на 10 % и снизить эксплуатационные затраты.

Комплексный подход, включающий гидравлическое моделирование, цифровой мониторинг и регулярную диагностику технического состояния, обеспечивает повышение пропускной способности нефтепровода и увеличение срока службы оборудования.

Полученные результаты подтверждают целесообразность модернизации действующих трубопроводных систем с целью их адаптации к современным требованиям энергоэффективности, промышленной и экологической безопасности.

Таким образом, совершенствование режимов эксплуатации магистрального нефтепровода представляет собой стратегически важное направление развития нефтетранспортной инфраструктуры и способствует устойчивому функционированию отрасли в долгосрочной перспективе.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бурков П.В., Иванов А.А. Эксплуатация магистральных нефтепроводов. – М.: Недра, 2018. – 352 с.
- 2 Гумеров А.Г., Хакимзянов Р.Г. Гидравлика и гидравлические расчёты трубопроводных систем. – Казань: Изд-во КГТУ, 2019. – 280 с.
- 3 Лурье М.В. Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. – М.: Альянс, 2020. – 400 с.
- 4 Закон Республики Казахстан «О магистральном трубопроводе» от 22 июня 2012 года № 20-V (с изменениями и дополнениями). – Астана, 2012.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

АСЫЛХАН Д. А.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье рассматриваются современные подходы к оптимизации работы магистрального нефтепровода с целью повышения его производительности, надёжности и энергоэффективности. Актуальность исследования обусловлена необходимостью снижения эксплуатационных затрат, минимизации технологических потерь и обеспечения промышленной безопасности при транспортировке нефти на большие расстояния. Проанализированы основные факторы, влияющие на эффективность функционирования нефтепроводной системы: гидравлические режимы перекачки, состояние насосного оборудования, параметры вязкости и температуры нефти, а также влияние внешних условий эксплуатации.

Особое внимание уделено применению методов математического моделирования и цифрового мониторинга для выбора оптимальных режимов работы насосных станций и регулирования давления в трубопроводе. Предложен комплекс мероприятий по снижению энергопотребления, включая оптимизацию графиков перекачки, использование частотно-регулируемых приводов и внедрение систем автоматизированного управления технологическими процессами.

Результаты исследования демонстрируют, что комплексный подход к управлению параметрами транспортировки позволяет увеличить пропускную способность магистрального нефтепровода, сократить удельные энергетические затраты и повысить общую экономическую эффективность эксплуатации. Полученные выводы могут быть использованы при модернизации действующих трубопроводных систем и проектировании новых объектов нефтетранспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, оптимизация, транспортировка нефти, гидравлический режим, автоматизация.

Введение

Магистральные нефтепроводы играют ключевую роль в современной экономике, обеспечивая транспортировку нефти от мест добычи к перерабатывающим заводам и потребителям. Они представляют собой сложные инженерные системы, эффективная

и безопасная работа которых критически важна для обеспечения энергетической безопасности и стабильности поставок. В условиях растущего спроса на энергию и ужесточения требований к охране окружающей среды оптимизация работы магистральных нефтепроводов становится первостепенной задачей.

Актуальность оптимизации работы магистральных нефтепроводов обусловлена рядом факторов:

Первый фактор — экономическая эффективность: снижение затрат на транспортировку нефти, минимизация потерь и обеспечение надежных поставок являются ключевыми аспектами экономической конкурентоспособности.

Второй фактор — безопасность: предотвращение аварий, разливов и других инцидентов на нефтепроводах является первоочередной задачей для защиты окружающей среды и населения.

Третий фактор — энергоэффективность: снижение энергопотребления при транспортировке нефти и сокращение выбросов парниковых газов соответствуют глобальным усилиям по борьбе с изменением климата.

Четвертый фактор — технологический прогресс: внедрение современных технологий, таких как автоматизация, дистанционное управление, интеллектуальные системы мониторинга и диагностики, открывает новые возможности для оптимизации работы нефтепроводов.

Пятый фактор — старение инфраструктуры: многие нефтепроводы имеют значительный срок эксплуатации, что требует постоянного внимания к их техническому состоянию, своевременного обслуживания и модернизации.

Основная цель оптимизации магистрального нефтепровода — обеспечение максимальной производительности, надежности и безопасности при минимальных затратах. Для этого необходимо повышать пропускную способность и энергоэффективность, снижать потери нефти, оптимизировать режимы работы, внедрять современные технологии управления и мониторинга, а также обеспечивать экологическую безопасность и предотвращение аварийных ситуаций.

Очень важной и актуальной задачей является повышение эффективности трубопроводной транспортировки высокостыгивающих, высоковязких нефтей, которые составляют существенную долю в общем объеме добываемой нефти в Казахстане.

Материалы и методы

В соответствии с гидравлическими законами, удельный расход электроэнергии, потребляемой на перекачку нефти при транспортировке по трубопроводу, рассчитывается по формуле $\mathcal{E} = K \cdot \Pi^{1,75}$, где G – грузооборот по нефтепроводу, K – постоянная величина для данного нефтепровода. Следовательно, при увеличении грузооборота нефти удельный расход электроэнергии будет возрастать пропорционально грузообороту в степени 1.75.

Одним из способов снижения затрат на транспортировку нефти по трубопроводам является снижение затрат на электроэнергию путем выбора рациональных режимов перекачки. Основные нефтепроводы эксплуатируются значительную часть времени в переходных условиях, когда объемы перекачиваемой нефти отличаются от оптимальных скоростей потока, рассчитанных на этапе проектирования. В таких ситуациях естественно возникает необходимость решить проблему наиболее эффективного и наиболее эффективного распределения нагрузки в сети магистральных нефтепроводов.

При рассмотрении проблемы оптимальной транспортировки нефти по маршрутам нефтепровода (т. Е. С минимальным энергопотреблением) естественно возникает вопрос выбора энергосберегающих режимов работы насосных агрегатов и нагревательных печей, работающих на участках магистрального нефтепровода. Если насосное и энергетическое оборудование не может перекачивать количество масла, которое требуется согласно расчету оптимизации, смысл решения самой проблемы исчезает. Поэтому связано с проблемой транспортировки нефти по нефтепроводным маршрутам является задача выбора наиболее эффективных режимов работы насосно-силового оборудования и печей подогрева, обеспечивающих надежную эксплуатацию магистрального нефтепровода. Оптимальные режимы их эксплуатации необходимы для снижения потери энергии и повышения эффективности способа «горячей» перекачки по магистральным нефтепроводам.

Теоретические основы проектирования и сооружения неизолированных нефтепроводов были заложены в трудах Н. Н. Аршеневского, Б. Б. Поспелова [1], Б. Л. Кривошеина, П. И. Тугунова [2], Л. А. Зайцева [3], Е. С. Махмотова, В. Б. Сигитова, Л. Е. Боранбаева, А. Г. Дидух, С. Е. Алексеев [4].

Проблемы моделирования и оптимизации были рассмотрены также в исследованиях Г.Б. Ермака [5], Б. Т. Жумагулова, Ш. С. Смагулова, А. У. Евсеева, Л. А. Нестеренкова [6].

Оптимизация работы магистральных нефтепроводов является сложной и многогранной задачей, требующей комплексного подхода и применения современных технических решений.

Магистральные трубопроводы предназначены для транспортировки больших грузопотоков нефти на значительные расстояния (до нескольких тысяч километров). Согласно нормам технологического проектирования к магистральным нефтепроводам относятся трубопроводы протяженностью свыше 50 км, диаметром от 219 до 1220 мм включительно, предназначенные для перекачки товарной нефти из районов добычи или хранения до мест потребления. Рабочее давление в магистральных нефтепроводах обычно достигает 5...7,5 МПа.

Результаты и обсуждение

Магистральные нефтепроводы представляют собой крупные инженерно-технические системы, включающие линейные сооружения (трубопровод, запорную арматуру, систему защиты, линии связи), перекачивающие и тепловые станции, а также конечные пункты — нефтебазы и нефтесклады.

Их создание обусловлено неравномерным распределением нефтяных ресурсов, необходимостью эффективного транспортирования нефти, снижением затрат на эксплуатацию, ростом потребления и экологическими требованиями по выносу промышленных объектов за пределы жилых зон.

Транспортировка нефти по магистральным нефтепроводам в 2025 году обеспечивается 40 нефтеперекачивающими станциями, 67 печами подогрева нефти, резервуарным парком для хранения нефти общим объемом 1391 тыс. м³. (рисунок 1).

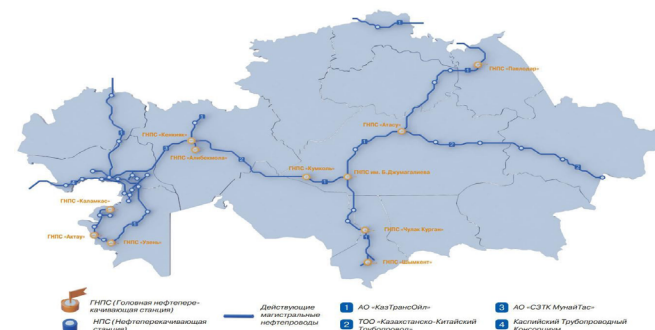


Рисунок 1 – Транспортировка нефти магистральными нефтепроводами.



Нефтеперекачивающие станции (НПС) представляют собой сложный комплекс сооружений для подачи транспортируемой нефти в магистральный трубопровод. НПС подразделяются на головную и промежуточные (рисунок 2).

Рисунок 2 – Схема участков магистральных нефтепроводов

Головная нефтеперекачивающая станция (ГНПС) принимает нефть от промыслов и подает её в магистральный нефтепровод. Она включает резервуарный парк, насосные установки, узлы учета и регулирования давления, фильтры и предохранительные устройства.

Промежуточные НПС поддерживают необходимое давление в трубопроводе, обеспечивая непрерывность перекачки, а конечные пункты служат для приема и хранения нефти.

Для транспортировки вязких и высокостысывающих нефтей применяются станции подогрева, совмещенные с ГНПС или промежуточными станциями.

На трассе устанавливают линейные задвижки для изоляции участков при авариях. Основное оборудование НПС — магистральные и подпорные насосы, потребляющие до 97% всей энергии станции; от их надежности зависит безопасность и эффективность работы нефтепровода.

Профиль трассы трубопровода является основным графическим материалом, используемым для определения расстояний между насосными станциями, определения точек прохождения, наиболее высоких точек трассы, а также глубоких впадин. Профиль — это чертеж, на котором характерные точки трассы выложены и соединены между собой (рис.3). Профиль трассы используется для определения расчетной длины трубопровода и разности геодезических высот.

Профиль трассы вычерчивается сжатым: масштаб по вертикали крупнее, чем по горизонтали. Поэтому все возвышенности и впадины на трассе выступают резко, чертеж получается наглядным.

Если рельеф местности резко неровный, могут возникнуть осложнения из-за наличия контрольно-пропускных пунктов вдоль трассы трубопровода, как показано на рисунке 3. проходная точка — это возвышенность на маршруте трубопровода, с которой нефть самотеком течет к конечной точке трубопровода. В общем, таких вершин на маршруте может быть несколько. Перевальная точка не обязательно является самой высокой точкой на маршруте. Расстояние от начала трубопровода до ближайшей сквозной точки называется расчетной длиной трубопровода. Эта длина может быть значительно меньше геометрической длины.

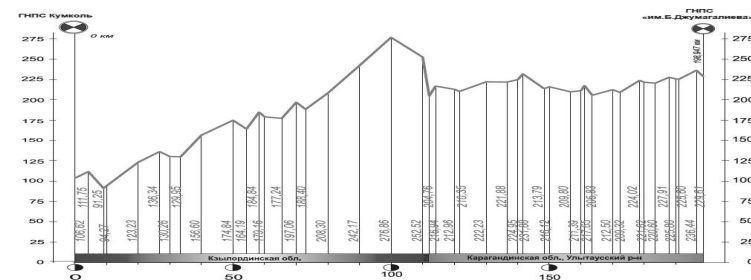


Рисунок 3 – Продольный профиль трассы магистрального нефтепровода «Кумколь – Каракоин»

Для определения расчетной длины нефтепровода необходимо произвести проверку на наличие перевальных точек на трассе нефтепровода, и в случае их наличия, расчетная длина нефтепровода будет определяться как расстояние от начала нефтепровода до перевальной точки.

Если в конечном пункте нефтепровода поддерживать повышенный напор, то появление перевальных точек на трассе можно избежать.

Выводы

Таким образом, наличие самотечных участков в магистральном нефтепроводе приводит к увеличению начального давления на станции, а значит, требует более высоких затрат энергии на перекачку по сравнению с трубопроводом без самотечных участков.

На практике в ряде случаев трубопроводы оборудуются параллельными участками (лупингами), а также участками другого диаметра (вставками).

Любые изменения в технологических процессах, оборудовании или режимах работы должны проходить процедуру управления изменениями, которая включает оценку рисков, разработку и внедрение мер безопасности, а также обучение персонала.

Оптимизация работы магистрального нефтепровода не должна проводиться за счет снижения уровня промышленной безопасности. Внедрение новых технологий и методов работы должно сопровождаться адекватными мерами по обеспечению безопасности. Необходимо стремиться к тому, чтобы повышение эффективности работы нефтепровода достигалось с соблюдением всех требований промышленной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Аршеневский Н.Н., Поспелов Б.Б. Переходные процессы в крупных насосных станциях.- М.: Энергия, 2000. -112 с.
- 2 Кривошеин Б.Л., Тугунов П.И. Магистральный трубопроводный транспорт. – М.: Наука, 2005. – 27 с.
- 3 Зайцев Л.А. Регулирование режимов работы магистральных нефтепроводов. – М.: Недра, 2012.
- 4 Махмотов Е.С., Сигитов В.Б., Боранбаева Л.Е., Дидух А.Г., Алексеев С.Е. Нефтьесмеси, транспортируемые по магистральным нефтепроводам АО «КазТрансОйл». Справочник на 3-х языках (казахский, русский и английский). Ч.2 – Алматы: Жибек жолы, 2009. – 32 с.
- 5 Ермек Г.Б. «Моделирование и разработка автоматической противоаварийной защиты нефтеперекачивающей станции» // НАО «АУЭС». Сборник научных трудов энергетика, радиотехника, электроника и связь. - Алматы: АУЭС, 2018. - С.
- 6 Жумагулов Б.Т., Смагулов Ш.С., Евсеева А.У., Нестеренкова Л.А Трубопроводный транспорт высоковязких и высокозастывающих нефтей. – Алматы: Ғылым, 2002. – 287 с.

ТИПЫ ПРИСАДОК ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА, АВТОБЕНЗИНОВ, ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ И ДРУГИХ РЕАГЕНТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА НПЗ КАЗАХСТАНА

БИГАЛИЕВ Б. Т.

докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Нефтеперерабатывающая отрасль Республики Казахстан переживает период устойчивого роста: по итогам 2025 года суммарный объем переработки нефти на заводах АО НК «КазМунайГаз» достиг рекордных 17,46 млн тонн, а выход светлых нефтепродуктов составил 78% при глубине переработки порядка 90%. Три ключевых предприятия отрасли — Атырауский НПЗ (АНПЗ), Павлодарский нефтехимический завод (ПНХЗ) и ТОО «ПетроКазахстан Ойл Продактс» (ШНОС) — прошли масштабную технологическую модернизацию, в результате которой осуществлён переход на производство моторных топлив экологических стандартов К-4 и К-5, соответствующих требованиям Евро-4 и Евро-5 [6, с. 2–3]. В условиях ужесточения требований к качеству топлив и расширения ассортимента выпускаемой продукции применение специализированных химических присадок и технологических реагентов приобретает стратегическое значение, поскольку именно они обеспечивают соответствие готовых нефтепродуктов нормативным требованиям технических регламентов ЕАЭС и государственных стандартов Республики Казахстан [3, с. 1–4].

Дизельное топливо, производимое на казахстанских НПЗ в соответствии с требованиями ГОСТ 32511-2013 и технического регламента Таможенного союза ТР ТС 013/2011, требует применения широкого спектра функциональных присадок [1, с. 3–5]. Ключевой задачей для АНПЗ, ПНХЗ и ШНОС является обеспечение заданного цетанового числа, определяющего воспламеняемость топлива и полноту его сгорания. Цетаноповышающие присадки — в первую очередь алкилнитраты (2-этилгексилнитрат, ди-трет-бутилпероксид) — вводятся в концентрациях 200–800 ppm и обеспечивают повышение цетанового числа на 3–8 единиц [1, с. 7]. Механизм их действия основан на термическом разложении пероксидных или нитратных групп с образованием свободных радикалов, инициирующих цепную реакцию самовоспламенения углеводородной смеси в камере сгорания двигателя. Применение цетаноповышающих присадок особенно актуально для ПНХЗ, перерабатывающего западносибирскую нефть с относительно

низким природным цетановым числом прямогонных дизельных фракций [8, с. 14].

Не менее важную роль играют противоизносные (смазывающие) присадки, необходимость применения которых обусловлена снижением природной смазывающей способности дизельного топлива при глубокой гидроочистке до уровней серы менее 10 ppm (стандарт К-5) [1, с. 9; 3, с. 6]. В качестве противоизносных агентов на отечественных НПЗ применяются производные жирных кислот — карбоновые кислоты $C_{17}-C_{22}$ и их эфиры, обеспечивающие формирование хемосорбированного мономолекулярного слоя на металлических поверхностях топливной аппаратуры высокого давления. Депрессорно-диспергирующие присадки на основе сополимеров этилена с винилацетатом или акрилатами решают критическую задачу обеспечения низкотемпературной прокачиваемости дизельного топлива, что особенно актуально для климатических условий Павлодарского региона с температурами до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$: указанные реагенты модифицируют кристаллическую структуру *n*-парафинов, предотвращая формирование сплошной кристаллической решётки и снижая предельную температуру фильтруемости на $15-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1, с. 11–12]. Комплектный пакет присадок для зимнего и арктического дизельного топлива, выпускаемого на ПНХЗ, также включает антиокислительные присадки — стерически затруднённые фенолы (2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол, ионол) и ароматические амины, нейтрализующие пероксидные радикалы и предотвращающие окислительную деструкцию углеводородов при хранении [1, с. 13]. В условиях длительного хранения дизельного топлива в резервуарах НПЗ и нефтебаз актуальным остаётся применение биоцидных присадок на основе изотиазолинонов или четвертичных аммониевых соединений, подавляющих жизнедеятельность сульфатвосстанавливающих бактерий и предотвращающих микробиологическое загрязнение топлива.

Переход казахстанских НПЗ на производство автомобильных бензинов марок АИ-92, АИ-95 и АИ-98 по стандарту К-4/К-5 потребовал кардинального пересмотра подходов к применению антидетонационных присадок [2, с. 4–5]. После законодательного запрета тетраэтилсвинца (ТЭС) в Республике Казахстан основным инструментом регулирования октановых характеристик топлива стали кислородсодержащие компоненты — метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) и

этанол, а также органические соединения марганца и железа: цикlopentadiенилтрикарбонилмарганец (ЦТМ) и ферроцен [2, с. 6]. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 013/2011 и государственный стандарт СТ РК 1341 устанавливают жёсткие ограничения на содержание металлосодержащих антидетонаторов в бензинах класса К-5 ввиду их негативного воздействия на каталитические нейтрализаторы выхлопных газов [3, с. 8; 4, с. 2]. В условиях АНПЗ, располагающего установками каталитического риформинга и изомеризации, проблема октановых характеристик базовых бензиновых компонентов частично решается технологическими методами, однако дофинишное введение антидетонационных присадок остаётся неотъемлемым элементом процесса компаундирования товарных бензинов [6, с. 4].

Существенным требованием действующих стандартов к качеству автомобильных бензинов является наличие моющих присадок, предотвращающих образование отложений во впускном тракте двигателя [2, с. 9]. На казахстанских НПЗ применяются полиэфирамины и полиизобутилсукцинимины в концентрации 150–400 ppm, обеспечивающие как чистоту клапанов и форсунок, так и снижение токсичности отработанных газов за счёт более полного сгорания топлива [2, с. 10]. Моющие присадки нередко используются в составе многофункциональных пакетов совместно с антиокислительными компонентами (производные фенилендиамина, дифениламин) и антистатическими присадками — полисилоксанами и хромовыми комплексами жирных кислот (Sigbol, Stadis 450), снижающими электростатическую опасность при перекачке и наливке бензина в резервуары и автоцистерны. Введение антистатических присадок регламентируется нормативной документацией КМГ на технологических объектах АНПЗ и ШНОС, где риск электростатического разряда при высокопроизводительных операциях налива является документально подтверждённым [6, с. 5].

Технологические линии НПЗ подвергаются интенсивному коррозионному воздействию со стороны хлоридов, сероводорода, диоксида углерода и нафтеновых кислот, присутствующих в перерабатываемом сырье. Защита оборудования установок первичной переработки нефти (АВТ), атмосферных и вакуумных колонн, шлемовых систем конденсации достигается посредством применения специализированных ингибиторов коррозии трёх основных классов. Плёнкообразующие амины — производные алкиламинов $C_{12}-C_{18}$ и их солей — адсорбируются на металлической поверхности,

формируя гидрофобный экранирующий монослой, препятствующий контакту агрессивной водной фазы с металлом; данный тип реагентов применяется на установках ЭЛОУ (электрообессоливания) всех трёх казахстанских НПЗ. Имидазолины и их производные представляют собой наиболее распространённый класс ингибиторов для шлемовых систем атмосферных колонн, где присутствуют агрессивные кислые конденсаты; нефте- и водорастворимые амиды-ингибиторы коррозии с пассивирующим или плёнообразующим механизмом действия успешно апробированы на НПЗ страны [7; 8, с. 22]. Фосфонаты и фосфорсодержащие ингибиторы применяются преимущественно в системах водооборотного охлаждения и подготовки котловой воды, где их эффективность обусловлена образованием труднорастворимых комплексов с ионами кальция и железа на поверхности теплообменного оборудования; эти же реагенты в сочетании с нейтрализующими аминами (морфолин, циклогексиламин) вводятся в шлемовые линии атмосферных колонн АНПЗ для нейтрализации соляной кислоты, образующейся при гидролизе хлоридов магния и кальция [7; 6, с. 6].

Помимо топливных присадок и ингибиторов коррозии, на казахстанских НПЗ применяется широкая номенклатура технологических реагентов, обеспечивающих эффективность производственных процессов. Деэмульгаторы — поверхностно-активные вещества на основе блок-сополимеров оксидов этилена и пропилена — являются необходимым элементом процесса обессоливания и обезвоживания нефти на установках ЭЛОУ: проникая в межфазный слой водонефтяной эмульсии, они вытесняют природные стабилизаторы (асфальтены, смолы) и обеспечивают коалесценцию диспергированных капель воды до размеров, достаточных для гравитационного разделения фаз [7; 8, с. 18]. Депрессаторы парафина на основе полиметакрилатов и модифицированных восков, добавляемые в остаточные нефтепродукты и сырьевые потоки, снижают температуру застывания мазута, что критически важно при транспортировке тёмных нефтепродуктов в условиях континентального климата Казахстана [8, с. 19]. Нейтрализаторы кислот — аммиак и органические амины (морфолин, диэтанолламин) — подаются в шлемовые линии ректификационных колонн для поддержания нейтрального или слабощелочного значения pH конденсата и предотвращения кислотной коррозии верхних секций колонн и воздушных конденсаторов; их применение регламентируется

технологическими регламентами установок АВТ всех трёх НПЗ [7; 3, с. 11]. Антипенные присадки на основе полидиметилсилоксанов (ПМС-200А, ПДМС) вводятся в ректификационные колонны, вакуумные системы и резервуары в концентрациях 5–15 ppm для предотвращения пенообразования, приводящего к неконтролируемому уносу жидкой фазы с дистиллятными потоками и нарушению материального баланса установок.

Проведённый аналитический обзор свидетельствует о том, что применение специализированных химических присадок и реагентов является неотъемлемым условием обеспечения качества и конкурентоспособности казахстанских моторных топлив в соответствии с требованиями технических регламентов ЕАЭС [3, с. 1–4]. Учитывая, что в 2025 году НПЗ Казахстана вышли на рекордный объём переработки 17,46 млн тонн нефти с выходом светлых нефтепродуктов 78%, стратегически приоритетным направлением становится развитие отечественного производства реагентов и присадок полного цикла с целью снижения импортозависимости, сокращения себестоимости конечной продукции и обеспечения технологического суверенитета нефтеперерабатывающей отрасли Республики Казахстан [8, с. 30–31].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 ГОСТ 32511-2013. Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2014. — 24 с.
- 2 ГОСТ 32513-2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2014. — 18 с.
- 3 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту». — М., 2011. — 24 с.
- 4 Постановление Правительства Республики Казахстан от 30.06.2010 № 634 «Об утверждении технического регламента «Требования к безопасности присадок к бензинам»». — Астана, 2010. — 12 с.
- 5 КазМунайГаз. Производственные результаты за девять месяцев 2025 года [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.kmg.kz/ru/press-center/press-releases/> (дата обращения: 19.03.2026).
- 6 КазМунайГаз. Модернизация и улучшение качества топлив на Атырауском НПЗ [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.kmg.kz/ru/press-center/press-releases/>

kmg.kz/ru/press-center/articles/high-fuel-quality-atyrau-refinery/ (дата обращения: 19.03.2026).

7 ТОО «ҚазМұнайХим». Каталог реагентов для процессов первичной переработки нефти [Электронный ресурс]. — URL: https://qazmunayhim.kz/pervichnaya_pererabotka (дата обращения: 19.03.2026).

8 Министерство энергетики Республики Казахстан. Дорожная карта по развитию нефтегазохимической промышленности на 2024–2030 годы. — Астана, 2024. — 48 с.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ КАЗАХСТАНА: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ И ПРОГНОЗ ДО 2030 ГОДА

РЫНДИН В. В.

к.т.н., ассоц. профессор, Торайгыров университет, Павлодар

ЖУРКОМБАЕВ Р. Б.

магистрант, Торайгыров университет, Павлодар

ЖЕТПІС Ә. А.

магистрант, Торайгыров университет, Павлодар

В статье анализируется современное состояние и перспективы развития экспортных маршрутов Казахстана в условиях глобальной трансформации энергетического рынка. Рассматриваются технологические вызовы, связанные с диверсификацией поставок через Транскаспийский международный транспортный маршрут (ТМТМ). Представлен инженерный расчет эффективности внедрения частотно-регулируемых приводов на магистральных насосных станциях как ключевого фактора снижения себестоимости транспортировки нефти.

Нефтегазовая отрасль Республики Казахстан (РК) обеспечивает более 40% поступлений в государственный бюджет и около 70% экспортной выручки. К 2026 году стратегической задачей страны стала глубокая трансформация путей сбыта углеводородов. На фоне нестабильности традиционных маршрутов (КТК) и глобального тренда на декарбонизацию, Казахстан вынужден решать двойную задачу: наращивать объемы добычи (до 100–105 млн тонн к 2026–2027 гг.) и одновременно внедрять инновационные инженерные решения для повышения энергоэффективности транспортировки [1].

Текущее состояние и возможности отрасли. В 2024–2025 годах основными точками роста стали месторождения Тенгиз, Кашаган и Карачаганак. Ввод в эксплуатацию объектов Проекта будущего расширения (ПБР) на Тенгизе позволяет прогнозировать значительный профицит экспортных мощностей. Однако существующая инфраструктура, включая систему магистральных нефтепроводов (СМН), сталкивается с проблемой технического износа (до 60% в западных регионах) и высокой энергозависимостью [2].

Таблица 1 – Прогноз развития экспортных показателей РК до 2030 года

Маршрут / Показатель	2024 (факт)	2026 (прогноз)	2030 (цель)
Добыча нефти всего, млн т.	89,9	102,5	110,0
Экспорт через КТК, млн т.	54,0	60,0	65,0
Экспорт через ТМТМ (Middle Corridor), млн т.	1,5	3,5	15,0
Удельное энергопотребление на транспорт, кВт·ч/т	12,4	11,2	9,5

Технологические вызовы диверсификации. Развитие маршрута ТМТМ (Актау — Баку — Тбилиси — Джейхан) сопряжено с рядом технологических сложностей. Мультимодальность маршрута требует создания интеллектуальных систем управления перевалкой нефти в портах. Основным инженерным вызовом является оптимизация работы нефтеперекачивающих станций (НПС) при нестабильных объемах прокачки, что ведет к значительным потерям энергии при использовании классического метода дросселирования [3].

Инженерно-техническое обоснование инноваций. Для обеспечения конкурентоспособности казахстанской нефти на мировом рынке необходимо снижение операционных затрат (ОРЕХ). Ключевым решением является переход на частотно-регулируемое управление электроприводами магистральных насосов.

Методика расчета энергоэффективности: Рассмотрим типовую НПС с насосным агрегатом мощностью . При изменении объемов экспорта возникает необходимость снижения подачи нефти (Q) [4]. При дросселировании (задвижками) мощность практически не снижается, тогда как при использовании ЧРП она подчиняется кубическому закону подобия:

$$P_2 = P_1 * \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 = P_1 * \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^3$$

Исходные данные: Номинальная мощность: Режим работы: 8000 часов в год; Требуемое снижение подачи в режиме диверсификации: на 15 КПД преобразователя:

Потребляемая мощность при снижении подачи через ЧРП:

$$P = \frac{2500 * 0.85^3}{0.97} \approx 1582$$

Мощность при дросселировании (с учетом потерь в задвижке):
 $P \approx 0.92 * P_1$:

$$P = 2500 * 0.92 = 2300$$

Часовая экономия мощности:

$$\Delta P = 2300 - 1582 = 718$$

Годовая экономия электроэнергии:

$$\Delta W = 718 * 8000 = 5744000$$

Экономический эффект (при тарифе 28 тенге/кВт·ч):

$$\mathcal{E} = 5744000 * 28 = 160832000 \frac{\text{тенге}}{\text{год с одного агрегата}}$$

Прогноз до 2030 года и возможности мира [5]. Мировая нефтегазовая отрасль к 2030 году будет характеризоваться жесткими требованиями к углеродному следу. Для Казахстана это открывает две возможности:

1. Цифровизация СМН: Внедрение систем «Smart Pipe» (умная труба) с датчиками контроля коррозии и утечек в реальном времени, что снизит экологические риски ТМТМ.

2. Глубокая переработка: Прогноз показывает рост внутреннего спроса на сырье для Павлодарского НХЗ и новых нефтехимических кластеров в Атырау, что изменит структуру экспорта с сырой нефти на продукты высокого передела (полипропилен, полиэтилен) [6].

Заключение. Трансформация экспортного потенциала РК до 2030 года невозможна без интеграции инженерных инноваций в транспортную систему. Переход на частотное регулирование магистральных мощностей, подтвержденный расчетом, позволяет достичь экономии более 160 млн тенге на один агрегат в год [7]. Диверсификация маршрутов через ТМТМ в сочетании с цифровизацией процессов обеспечит Казахстану роль ключевого энергетического хаба между Востоком и Западом, соответствуя вызовам мировой экономики.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Yergin D. The New Map: Energy, Climate, and the Clash of Nations. – New York: Penguin Press, 2020. 512 p. [на англ. яз.].
- 2 World Energy Outlook 2024: Free Full Report. – Paris: International Energy Agency (IEA), 2024. 498 p. [на англ. яз.].
- 3 OPEC Annual Statistical Bulletin 2024. – Vienna: Organization of the Petroleum Exporting Countries, 2024. 112 p. [на англ. яз.].
- 4 Vatansever A. Oil and Gas Pipelines in the Caspian Region: Strategies and Geopolitics. / A. Vatansever // Journal of Energy and Development. – № 2. – 2022. P. 145–168 [на англ. яз.].
- 5 Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. 184 p. [на англ. яз.].
- 6 Statistical Review of World Energy 2024. 73rd edition // Energy Institute. 20 June 2024 [Electronic resource]. – URL: <https://www.energyinst.org/statistical-review> [access date 07.03.2026].
- 7 Middle Corridor: The Multimodal Transport Solution between Asia and Europe // Trans-Caspian International Transport Route (TITR). 15 January 2025 [Electronic resource]. – URL: <https://middlecorridor.com/en/route> [access date 07.03.2026].

МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ АВАРИЙ В ТРУБОПРОВОДАХ

РЫНДИН В. В.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

БАЛГУЖИН Т. Д.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Цель исследования — разработка архитектуры многоуровневой системы принятия решений на основе нечёткой логики для классификации аварийных ситуаций на магистральных нефтепроводах и обоснование её эффективности.

Нефтегазовая отрасль является ключевой движущей силой экономического развития Республики Казахстан. Общая протяжённость магистральных трубопроводов превышает 20 тысяч километров, что делает обеспечение их безопасной эксплуатации приоритетной задачей государственного уровня. Аварийные ситуации на трубопроводах возникают вследствие коррозии, механических повреждений, нарушений технологического режима и воздействия внешних факторов. Badida и соавторы предложили применение анализа нечёткого дерева отказов (Fuzzy Fault Tree Analysis) для оценки вероятности разрушения нефтегазовых трубопроводов и исследовали влияние природных угроз на структурную целостность трубопроводных систем [1, с. 284–292].

Основная сложность в процессе классификации и оценки аварийных ситуаций заключается в неопределённости и неполноте исходной информации. Традиционные детерминистические подходы требуют точных числовых данных, однако в реальных условиях эксплуатации такие данные зачастую недоступны или основаны на экспертных оценках. Для решения данной проблемы широко применяется аппарат нечёткой логики (fuzzy logic). Теория нечётких множеств, предложенная Л. Заде в 1965 году, представляет собой математический инструмент, позволяющий моделировать приближённое мышление человека [2, с. 338–353]. Данный подход позволяет непосредственно вводить в количественные вычисления лингвистические переменные — такие качественные оценки, как «высокий», «средний», «низкий».

Методы диагностики режимов разрушения трубопроводов получили в последние годы значительное развитие. В исследовании Wang и Chen систематизированы четыре основных подхода к

диагностике трубопроводных систем нефтегазовой отрасли: анализ дерева отказов (FTA), экспертные системы, нечёткая комплексная оценка и метод FMEA [3, с. 192–197]. Эти исследования показали, что метод нечёткой комплексной оценки обеспечивает более точные результаты в условиях неопределённости по сравнению с традиционными подходами.

В направлении применения нечёткой логики для оценки безопасности трубопроводов проведён ряд важных исследований. Markowski, Mannan и Bigoszevska предложили методологию планирования инспекций на основе нечёткой логики для нефтегазовых трубопроводов, в которой система нечёткого вывода типа Мамдани использовалась для оценки скорости коррозии [4, с. 654–670]. Hassan и соавторы разработали модифицированную модель оценки рисков, объединив базу нечётких правил с методами приближённого рассуждения для идентификации опасностей FMEA на нефтегазовых трубопроводах [5, с. 104616].

Aljaroudi и соавторы предложили систему нечёткого вывода (FIS) в сочетании с алгоритмом субтрактивной кластеризации для оценки рисков межгосударственных трубопроводов. В данном исследовании была применена нечёткая модель типа Такаги-Сугено, продемонстрировавшая возможность контроля вычислительной сложности при увеличении числа системных переменных [6, с. 1–12]. Azmi, Yusoff и Sallehud-din в комплексном обзоре моделей прогнозной аналитики в нефтегазовой отрасли отметили важную роль нечёткой логики и нейро-нечёткого моделирования в оценке рисков и прогнозировании отказов [7, с. 4013].

Архитектура многоуровневой системы принятия решений. Предлагаемая система имеет трёхуровневую иерархическую структуру. Первый уровень — предварительная обработка данных и фазификация. На данном уровне показатели давления, температуры, расхода и акустической эмиссии, получаемые из SCADA-системы, преобразуются в нечёткие множества. Для каждого входного параметра определяются трапециевидные или треугольные функции принадлежности. Например, для параметра «снижение давления» вводятся лингвистические термы: «незначительное» (0–0,05 МПа), «умеренное» (0,03–0,15 МПа) и «существенное» (0,1–0,5 МПа).

Второй уровень — механизм нечёткого вывода. На данном уровне применяется система нечёткого вывода типа Мамдани, работающая на основе базы правил вида «ЕСЛИ-ТО». База правил

формируется на основе знаний опытных специалистов отрасли. Cheng и соавторы предложили метод объединения нечёткого дерева отказов с байесовской сетью для более точной оценки вероятности разрушения газопровода природного газа, применив алгоритм трапецеидальных нечётких чисел на основе слабой t -нормы для решения проблемы нечёткого накопления в традиционном алгоритме α -сечений [8, с. 1–6]. Пример правила из базы: ЕСЛИ (снижение давления = существенное) И (отклонение расхода = высокое) И (акустический сигнал = сильный), ТО (уровень аварии = критический).

Третий уровень — дефаззификация и принятие решений. Нечёткое выходное значение, полученное в результате нечёткого вывода, преобразуется в конкретное числовое значение. Для этого применяется метод центра тяжести (centroid). Полученное числовое значение относится к одному из четырёх классов аварийной ситуации: нормальный режим эксплуатации (0–25 баллов), уровень предупреждения (25–50 баллов), предаварийное состояние (50–75 баллов) и критическая авария (75–100 баллов). Zio и соавторы предложили подход, объединяющий нечёткую кластеризацию и нечёткое дерево решений для классификации отказов в ядерных энергетических установках, подчеркнув важность обеспечения прозрачности и интерпретируемости модели [9, с. 1412–1421].

Особенности применения и преимущества. Предлагаемая многоуровневая система обладает рядом преимуществ. Во-первых, она позволяет непосредственно интегрировать экспертные знания в систему посредством лингвистических переменных, что особенно важно в условиях недостаточности данных. Во-вторых, иерархическая структура упрощает управление сложностью базы правил — на каждом уровне функционирует лишь ограниченное число правил, что повышает вычислительную эффективность. В-третьих, система имеет модульный характер: при появлении новых датчиков или новых типов аварий соответствующий модуль может быть обновлён независимо.

Figlie и соавторы показали, что подход к диагностике неисправностей и мониторингу состояния на основе нечёткой логики в условиях Индустрии 4.0 является эффективным инструментом управления промышленными процессами. В их исследовании для объединения результатов анализа оболочек данных и алгоритмов обнаружения аномалий была применена функция нечёткого принятия решений, что позволило повысить

точность классификации [10, с. 1–18]. В условиях Казахстана данный подход особенно актуален, поскольку значительная часть магистральных трубопроводов эксплуатируется в суровых климатических условиях — в зонах экстремальных колебаний температуры и подвижек грунта.

Заключение. Проведённое исследование показало, что многоуровневая система принятия решений на основе нечёткой логики является эффективным подходом для классификации аварийных ситуаций на магистральных нефтепроводах. Предлагаемая трёхуровневая архитектура — фаззификация, нечёткий вывод и дефаззификация — обеспечивает классификацию аварийных ситуаций на четыре класса с учётом неопределённости входных данных. Основные преимущества системы — возможность интеграции экспертных знаний, модульная структура и вычислительная эффективность.

В качестве направлений дальнейших исследований следует рассмотреть разработку нейро-нечётких (neuro-fuzzy) систем, объединяющих нечёткую логику с нейронными сетями, создание алгоритмов автоматической оптимизации базы правил на основе данных SCADA, а также вопросы интеграции с технологией цифровых двойников.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Badida P., Balasubramaniam Y., Jayaprakash J. Risk evaluation of oil and natural gas pipelines due to natural hazards using fuzzy fault tree analysis // *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. – 2019. – Vol. 66. – P. 284–292.
- 2 Zadeh L. A. Fuzzy sets // *Information and Control*. – 1965. – Vol. 8, No. 3. – P. 338–353.
- 3 Wang C., Wang C. Research progress of failure mode diagnosis methods for oil and gas field pipelines // *Academic Journal of Science and Technology*. – 2024. – Vol. 9, No. 1. – P. 192–197.
- 4 Markowski A. S., Mannan M. S., Bigoszezewska A. A methodology for risk-based inspection planning of oil and gas pipes based on fuzzy logic framework // *Engineering Failure Analysis*. – 2009. – Vol. 16, No. 2. – P. 654–670.
- 5 Hassan S., Wang J., Kontovas C., Bashir M. Modified FMEA hazard identification for cross-country petroleum pipeline using fuzzy rule base and approximate reasoning // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. – 2022. – Vol. 74. – P. 104616.

6 Aljaroudi A., Khan F., Akinturk A., Mahmoud M., Abbassi R. Risk assessment of interstate pipelines using a fuzzy-clustering approach // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12. – P. 1–12.

7 Azmi P. A. R., Yusoff M., Sallehud-din M. T. M. A review of predictive analytics models in the oil and gas industries // Sensors. – 2024. – Vol. 24, No. 12. – P. 4013.

8 Cheng Y., Zhang X., Liu W. A weakest t-norm based fuzzy fault tree approach for probability assessment of natural gas pipeline // Proceedings of the IEEE International Conference. – 2023. – P. 1–6.

9 Zio E., Baraldi P., Popescu I. C. A fuzzy decision tree method for fault classification in the steam generator of a pressurized water reactor // Annals of Nuclear Energy. – 2009. – Vol. 36, No. 8. – P. 1412–1421.

10 Figlie R., Amadio R., Tyrovolas M., Stylios C. et al. A fuzzy logic-based approach for fault diagnosis and condition monitoring of Industry 4.0 manufacturing processes // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2022. – Vol. 115. – P. 1–18.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УТЕЧЕК НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

РЫНДИН В. В.

к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

БАЛГУЖИН Т. Д.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Цель исследования состоит в анализе возможностей применения технологии цифровых двойников (ЦД) для моделирования сценариев утечек на участках магистральных нефтепроводов, а также проводить прогнозную оценку последствий аварийных ситуаций.

Магистральные нефтепроводы являются ключевым элементом энергетической инфраструктуры Республики Казахстан. Протяжённость трубопроводной сети страны, по данным Министерства энергетики РК, превышает 20 тысяч километров, причём значительная часть трубопроводов эксплуатируется свыше 20 лет в условиях резко континентального климата [1]. Старение инфраструктуры, коррозионные процессы и внешние механические воздействия обуславливают риск возникновения аварийных

утечек, последствия которых включают экологический ущерб, экономические потери и угрозу безопасности населения.

Традиционные методы обнаружения и локализации утечек, основанные на параметрических системах обнаружения утечек (СОУ), анализе волн давления и балансовых методах, характеризуются рядом существенных ограничений. В первую очередь, они позволяют диагностировать утечку постфактум — после её возникновения, но не дают возможности прогнозировать развитие аварийных ситуаций и оценивать их последствия в превентивном режиме [2]. Кроме того, точность локализации утечки в условиях многофазного потока и переменных режимов перекачки может существенно снижаться [3].

Одним из перспективных подходов к решению указанных проблем является технология цифровых двойников (Digital Twin), предполагающая создание виртуальной копии физического объекта, синхронизированной с реальными данными в режиме реального времени. Концепция цифрового двойника, впервые предложенная М. Гривзом в 2002 году и получившая формализацию в работах NASA [4], в настоящее время активно внедряется в нефтегазовую отрасль. В Российской Федерации с 1 января 2022 года действует ГОСТ Р 57700.37-2021, устанавливающий общие положения в области цифровых двойников изделий [5], что свидетельствует о зрелости данного направления.

Исследование проведено методом систематического обзора и критического анализа научных публикаций, посвящённых применению технологии цифровых двойников в нефтегазовой отрасли. Источниковая база охватывает статьи из баз данных Scopus и Web of Science за период 2018–2024 гг., а также отечественные публикации из рецензируемых изданий. Всего проанализировано более 30 публикаций, из которых отобрано 10 наиболее релевантных работ.

Методологической основой исследования послужила концепция пятимерной модели цифрового двойника, предложенная Тао и соавторами [6], которая включает физическую сущность, виртуальную модель, связующие данные, сервисную платформу и пользователей. Данная модель была адаптирована к задаче трубопроводного мониторинга с учётом специфики гидравлических процессов при утечках, описанных в фундаментальных работах М. В. Лурье [7].

Для формирования представления об архитектуре системы использованы принципы интеграции данных SCADA-систем с

математическими моделями нестационарного течения жидкости в трубопроводах. По нашему мнению, именно сочетание физико-математического моделирования с потоковыми данными реального времени позволяет реализовать ключевое преимущество цифрового двойника — способность к предиктивному анализу.

Анализ литературы показал, что применение цифровых двойников для мониторинга трубопроводов находится на стадии активного развития. Еремин Н. А. и Еремин Ал. Н. [8] одними из первых в отечественной науке обосновали актуальность цифровых двойников нефтепроводов и газопроводов, описав компоненты нефтегазового ЦД и жизненный цикл его создания. В их работе подчёркивается, что ЦД нефтепровода позволяет осуществлять постоянную оценку состояния объекта в режиме реального времени с использованием виртуальных сенсоров, что существенно сокращает затраты на физическую аппаратуру.

Значительный вклад в развитие методологии применения ЦД для обнаружения утечек внесли Xu и Fan [9], предложившие цифровую двойниковую модель газопровода, основанную на анализе сигналов давления. Авторами разработан механизм онлайн-обновления параметров двойниковой модели, обеспечивающий синхронизацию виртуального пространства с физическим объектом. На наш взгляд, принципиально важным в этой работе является визуализация пространственных данных, которая позволяет оператору наглядно оценивать зоны потенциальных утечек.

В работе Wen и соавторов [10] представлен data-driven подход к обнаружению утечек природного газа с использованием ЦД. Авторы применили модели машинного обучения, обученные на синтетических данных, генерируемых виртуальным двойником, для классификации аварийных состояний трубопровода. Важно отметить, что использование синтетических данных цифрового двойника для обучения нейросетевых моделей позволяет преодолеть одну из ключевых проблем — дефицит реальных данных об утечках, которые по очевидным причинам являются редкими событиями.

Следует подчеркнуть, что опыт ПАО «Транснефть» по цифровизации более 56 тысяч километров трубопроводов в период 2005–2015 гг. представляет собой наиболее масштабный проект в области создания цифровых моделей трубопроводных систем в мировой практике [5]. На основе этого опыта были разработаны методики расчёта прочности и долговечности, которые и в настоящее время используются для оптимизации программ эксплуатации.

На основании проведённого анализа нами предложена трёхуровневая архитектура ЦД для моделирования сценариев утечек на участках магистральных нефтепроводов. Первый уровень (физический) включает сенсорную инфраструктуру — датчики давления, расхода, температуры, интегрированные в SCADA-систему. Второй уровень (вычислительный) представляет собой ядро ЦД — математическую модель нестационарного течения жидкости в трубопроводе, реализующую численное решение системы уравнений неразрывности и движения с учётом граничных условий утечки. Третий уровень (аналитический) обеспечивает генерацию и анализ сценариев «что-если» (what-if analysis), позволяя оператору моделировать утечки различной интенсивности и локализации, оценивать время обнаружения и прогнозировать объём потерь нефти.

Предполагаем, что предложенная архитектура обладает рядом преимуществ для условий эксплуатации казахстанских магистральных нефтепроводов. Во-первых, сценарное моделирование позволяет заблаговременно оценить последствия утечек в зонах повышенной экологической чувствительности — водоохранных зонах, вблизи населённых пунктов, на участках пересечения водных преград. Во-вторых, ЦД обеспечивает возможность тренинга диспетчерского персонала на реалистичных виртуальных моделях без создания реальных аварийных ситуаций, что подтверждается результатами работы Hamilton и Gomari [3].

Вместе с тем необходимо отметить ряд ограничений. Как указывают Дмитриевский и Столяров [8], точность виртуального двойника критически зависит от качества и полноты исходных данных. Для трубопроводов с большим сроком эксплуатации характерна неполнота документации о выполненных ремонтах и фактическом состоянии металла труб. Кроме того, вычислительная сложность моделей реального времени требует значительных аппаратных ресурсов, что может ограничивать масштабирование системы.

Заключение. Проведённый анализ свидетельствует о том, что технология цифровых двойников представляет собой перспективный инструмент для моделирования сценариев утечек на участках магистральных нефтепроводов. В отличие от традиционных систем обнаружения утечек, цифровой двойник позволяет не только диагностировать аварийную ситуацию, но и прогнозировать её развитие, оценивать объём потерь и оптимизировать стратегию реагирования.

Предложенная трёхуровневая архитектура цифровых двойников — физический, вычислительный и аналитический уровни — обеспечивает комплексный подход к сценарному моделированию утечек. Дальнейшие исследования целесообразно направить на экспериментальную верификацию модели на реальных данных казахстанских нефтепроводов, интеграцию с системами искусственного интеллекта для автоматического обнаружения аномалий, а также на разработку облачных платформ, обеспечивающих масштабируемость и доступность системы.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Земенков Ю.Д. Эксплуатация магистральных нефтепроводов: учеб. пос. – 2-е изд. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2001. – 623 с.
- 2 Korlapati N.V.S., Khan F., Noor Q., Mirza S., Vaddiraju S. Review and analysis of pipeline leak detection methods // Journal of Pipeline Science and Engineering. – 2022. – Vol. 2, No. 4. – P. 1–12.
- 3 Hamilton M., Gomari S.R. Single and multiphase flow leak detection in onshore/offshore pipelines and subsurface sequestration sites: An overview // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2024. – Vol. 89. – P. 1–18.
- 4 Grieves M., Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems // Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. – Cham: Springer, 2017. – P. 85–113.
- 5 ГОСТ Р 57700.37-2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2021. – 12 с.
- 6 Tao F., Zhang H., Liu A., Nee A.Y.C. Digital twin in industry: State-of-the-art // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2019. – Vol. 15, No. 4. – P. 2405–2415.
- 7 Лурье М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: учеб. пос. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2012. – 456 с.
- 8 Еремин Н.А., Еремин Ал.Н. Цифровой двойник в нефтегазовом производстве // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 12. – С. 14–17.
- 9 Xu R., Fan J. Research on gas pipeline leakage model identification driven by digital twin // Systems Science & Control Engineering. – 2023. – Vol. 11, No. 1. – P. 2180687.
- 10 Wen K., Xia Z., Yu W., Gong J. Data-driven digital twin method for leak detection in natural gas pipelines // Computers and Electrical Engineering. – 2023. – Vol. 110. – P. 108889.

IMPROVING THE SYSTEM OF MAINTENANCE AND DIAGNOSTICS OF PUMPING EQUIPMENT BASED ON THE ANALYSIS OF OPERATING DATA

RYNDIN V. V.

PhD, Professor, Toraighyrov University, Pavlodar

AL-KADHIMI. A.

Student, Toraighyrov University, Pavlodar

Electrical Submersible Pump (ESP) systems are widely used in oil production wells where stable artificial lift performance is required under continuously changing reservoir conditions. Variations in gas content, reservoir pressure depletion, temperature increase, scaling formation, and mechanical wear gradually influence pump efficiency and reliability. In many practical situations these degradation processes develop slowly and remain undetected until significant efficiency losses or sudden shutdown occur. Traditional maintenance strategies are often based on fixed service intervals rather than on the actual technical condition of the equipment, which reduces operational efficiency and increases production risks [1].

The objective of this study is to develop a data-driven framework for improving maintenance and diagnostic efficiency of ESP systems through integrated condition assessment and reliability modeling.

The general configuration of an Electrical Submersible Pump installation considered in this study is shown in Figure 1.

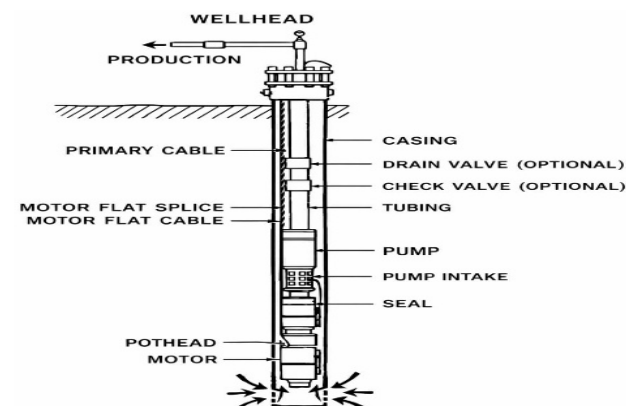


Figure 1 – Structural layout of an Electrical Submersible Pump (ESP) system illustrating the wellhead, tubing, motor, seal section, pump intake, and downhole motor assembly.

Pumping equipment operating under downhole conditions is exposed to multiphase flow, fluctuating reservoir pressure, high temperature gradients, and continuous mechanical loading. These factors directly affect hydraulic performance and electrical stability. Field observations demonstrate that most ESP failures are preceded by measurable deviations in intake pressure, discharge pressure, differential head, motor temperature, and phase current balance [2]. Although each deviation may appear insignificant in isolation, their cumulative effect leads to progressive degradation and eventual failure.

Continuous monitoring systems typically provide intake pressure (P_{in}), discharge pressure (P_{out}), motor temperature (T), electrical current (I), and production rate (Q). The differential head is determined as:

$$\Delta H = P_{out} - P_{in}$$

Formula 1 – Differential Head Equation

A reduction in differential head at constant rotational speed may indicate gas interference, internal wear of impellers, erosion, or scaling deposition. Hydraulic efficiency can be estimated as:

$$\eta_h = (\rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H) / P_{input}$$

Formula 2 – Hydraulic Efficiency Equation

Where ρ is fluid density, g is gravitational acceleration, and P_{input} is electrical power consumption. Declining hydraulic efficiency under stable reservoir conditions indicates internal degradation of pump stages [3].

Thermal stress significantly influences motor insulation aging. According to reliability theory, lifetime decreases exponentially with temperature growth. Relative temperature deviation may be expressed as:

$$T_{dev} = (T - T_{nom}) / T_{nom}$$

Formula 3 – Relative Temperature Deviation Equation

Where T_{nom} is nominal operating temperature. Sustained temperature increase accelerates insulation degradation and reduces remaining service life [4].

Electrical imbalance between phases represents another important diagnostic parameter. The imbalance coefficient may be calculated as:

$$E_{dev} = (I_{max} - I_{min}) / I_{avg}$$

Formula 4 – Electrical Current Imbalanced Coefficient

Where I_{max} and I_{min} are extreme phase currents and I_{avg} is average current. Increasing imbalance often correlates with mechanical friction growth or insulation damage [5].

For integrated evaluation of equipment condition, a dimensionless Condition Indicator (CI) is introduced:

$$CI = w_1 \cdot H_{dev} + w_2 \cdot T_{dev} + w_3 \cdot E_{dev}$$

Formula 5 – Integrated Condition Indicator Equation

Where H_{dev} is normalized hydraulic deviation, T_{dev} is relative temperature deviation, E_{dev} is electrical imbalance coefficient, and w_1, w_2, w_3 are weighting factors. The indicator varies between 0 and 1. Values close to unity correspond to stable operation, while gradual decrease indicates cumulative degradation.

Traditional reliability assessment is described by the Weibull function:

$$R(t) = \exp[-(t/\eta)^\beta]$$

Formula 6 – Weibull Reliability Function

Where $R(t)$ is the reliability at operating time t ; t is operating time; η is the characteristic lifetime parameter; β is the Weibull shape parameter. However, ESP systems operate under variable stress conditions. To account for actual operating state, effective lifetime may be adjusted according to equipment condition:

$$\eta_{eff} = \eta_0 \cdot CI$$

Formula 7 – Effective Lifetime Adjustment

Where η_{eff} is the effective lifetime under actual operating condition; η_0 is the nominal design lifetime; CI is the integrated condition indicator ($0 < CI \leq 1$).

The reliability function therefore becomes:

$$R(t) = \exp [- (t / \eta_{eff})^\beta]$$

Formula 8 – Modified Reliability Function

Where η_{eff} is defined in Formula 7.

This approach allows estimation of failure probability based on real operating condition rather than nominal operating time. As CI decreases due to hydraulic, thermal, or electrical degradation, effective lifetime shortens and predicted failure probability increases.

In addition to technical evaluation, economic considerations must be incorporated into maintenance planning. Unplanned failure leads to production losses, workover costs, and operational risk. Total expected cost may be expressed as:

$$C_{total} = C_{maint} + P_{fail} \cdot C_{fail}$$

Formula 9 – Expected Total Cost Equation

Where P_{fail} is failure probability derived from reliability modeling. Condition-based maintenance aims to minimize total expected cost while maintaining operational safety [7].

Implementation of the proposed methodology does not require installation of additional sensors, as necessary parameters are available from standard monitoring systems. Data preprocessing includes filtering, normalization, and trend analysis. Monitoring of CI time derivative enables early detection of accelerated degradation. Such predictive diagnostics improve maintenance scheduling and reduce unexpected shutdown frequency.

Application of operating data analysis enhances equipment utilization, extends service life, and supports stable oil production in mature fields characterized by declining reservoir pressure and increasing artificial lift demand [8]. Integration of hydraulic, thermal, and electrical indicators into a unified model provides a practical foundation for transition toward intelligent maintenance systems in modern petroleum engineering.

Systematic interpretation of operational parameters therefore represents an effective tool for improving maintenance and diagnostic systems of pumping equipment. The proposed framework combines physical understanding of degradation processes with reliability modeling and economic optimization, contributing to increased operational stability and reduced production risk.

A comparison between traditional time-based maintenance and condition-based maintenance highlights the practical significance of the proposed approach. Time-based strategies rely on predefined service intervals and may result in premature intervention or unexpected failure. In contrast, condition-based maintenance utilizes measurable degradation indicators to determine optimal intervention timing. Continuous monitoring of hydraulic, thermal, and electrical parameters enables predictive decision-making, reduces emergency shutdowns, and improves overall operational stability.

REFERENCES

- 1 Brown K.E. Artificial Lift Methods. Tulsa : Petroleum Publishing Company, 1984.
- 2 Takacs G. Electrical Submersible Pumps Manual. Oxford: Gulf Professional Publishing, 2009.
- 3 Economides M.J., Hill A.D. Petroleum Production Systems. New Jersey: Prentice Hall, 1994.
- 4 Boyun G., Lyons W., Ghalambor A. Petroleum Production Engineering. Amsterdam: Elsevier, 2007.
- 5 API Recommended Practice 11S2. Electric Submersible Pump Installations. Washington: API, 2015.
- 6 O'Connor P., Kleyner A. Practical Reliability Engineering. Wiley, 2012.
- 7 Jardine A., Lin D., Banjevic D. A review on machinery diagnostics and prognostics. Mechanical Systems and Signal Processing, 2006.
- 8 Schlumberger Oilfield Review. ESP System Optimization Techniques, 2018.

**ВЛИЯНИЕ РОСТА ГАЗОВОГО ФАКТОРА
И ДВУХФАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ
ОГРАНИЧЕНИЯ НЕФТЕСБОРНОЙ СЕТИ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕНГИЗ ПОСЛЕ РЕАЛИЗАЦИИ
ПРОЕКТОВ FGP И WPMP**

ТИТОВА А. Н.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

АБДУЛЛИНА Г. Г.

к.х.н., ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

БЕЙСЕМБАЕВ М. К.

к.т.н., ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

АЙГОЖИНА Д. Г.

ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Месторождение Тенгиз, открытое в 1979 году, относится к числу крупнейших и наиболее глубоких нефтяных месторождений мира с высоким содержанием газа и сложными условиями эксплуатации. В целях поддержания и увеличения добычи на месторождении были реализованы проекты Future Growth Project (FGP) и Wellhead Pressure Management Project (WPMP). Проекты FGP и WPMP – это два интегрированных проекта, реализуемые ТОО «Тенгизшевройл» одновременно. Реализация проекта FGP направлена на расширение производственных мощностей, а проект WPMP обеспечит полную загрузку перерабатывающих мощностей действующих на Тенгизе заводов путём снижения устьевого давления и повышения давления на шести действующих комплексных технологических линиях.

После ввода данных проектов условия эксплуатации нефтесборной сети месторождения Тенгиз изменились качественно, а не количественно. Рост газового фактора и увеличение дебитов привели к тому, что определяющее влияние на работоспособность сети стало оказывать не гидравлическое сопротивление трубопроводов как таковое, а характер двухфазного течения и его устойчивость при перераспределении потоков.

В существующих исследованиях нефтесборных систем эксплуатационные ограничения, как правило, связываются с пропускной способностью отдельных участков или с геометрическими параметрами сети. Такой подход оказывается недостаточным для условий, при которых газовая фаза начинает играть доминирующую роль в формировании режимов течения. В литературе практически отсутствуют работы, в которых рост

газового фактора рассматривался бы как самостоятельный фактор, изменяющий механизм возникновения эксплуатационных ограничений в протяжённых нефтесборных сетях.

В результате возникает разрыв между используемыми расчётными представлениями и фактическим поведением системы. Эксплуатационные проблемы проявляются не как превышение расчётных расходов, а как потеря устойчивости режимов течения и рост чувствительности сети к изменениям структуры добычи. Заполнение этого разрыва требует анализа не параметров сети в целом, а механизмов формирования ограничений при двухфазном течении.

Целью работы является выявление механизмов формирования эксплуатационных ограничений нефтесборной сети месторождения Тенгиз, обусловленных ростом газового фактора и переходом к неустойчивым двухфазным режимам течения после реализации проектов FGP и WPMP.

Материалы и методы

Работа основана на аналитическом анализе условий эксплуатации нефтесборной сети в режиме повышенного газосодержания продукции. Рассматривались характерные элементы сети – магистральные ветви, сборные коллекторы и узлы объединения потоков, в которых влияние двухфазного течения проявляется наиболее существенно.

Анализ выполнялся путём сопоставления реальных эксплуатационных условий с допущениями, лежащими в основе распространённых теоретических моделей двухфазного течения, применяемых при расчётах нефтесборных систем. Основное внимание уделялось оценке устойчивости режимов течения при изменении газового фактора и перераспределении потоков между ветвями сети.

В рамках исследования не ставилась задача количественного моделирования или экспериментальной верификации. Методологический акцент сделан на выявлении качественных закономерностей, определяющих возникновение эксплуатационных ограничений в условиях нестабильного двухфазного течения.

Результаты и обсуждения

Рост газового фактора после реализации проектов FGP и WPMP приводит к смещению режимов течения в нефтесборной сети из области устойчивых в область неустойчивых двухфазных режимов. При этом эксплуатационные ограничения формируются не на

уровне всей системы, а локально – в отдельных элементах сети, где объединяются потоки с различными дебитами и газосодержанием.

Наиболее уязвимыми оказываются магистральные ветви и сборные коллекторы, работающие в условиях переменной нагрузки. В этих элементах сети устойчивость течения определяется не столько геометрией трубопроводов, сколько фазовой структурой потока и её чувствительностью к изменению расходов. Даже при неизменной конфигурации сети перераспределение потоков между ветвями может приводить к резкому изменению режима течения и росту гидравлических потерь.

Принципиально важно, что выявленные ограничения не проявляются в виде превышения расчётной пропускной способности. Они выражаются в снижении предсказуемости работы сети, росте колебаний давления и повышенной чувствительности системы к изменениям дебитов отдельных скважин. В таких условиях эксплуатационная надёжность сети определяется устойчивостью двухфазного течения, а не запасом по диаметру трубопроводов.

Сопоставление этих особенностей с допущениями традиционных расчётных подходов показывает их ограниченную применимость для условий повышенного газового фактора. Использование усреднённых параметров потока и предположений о квазистационарности течения не позволяет выявить локальные ограничения, формирующиеся в результате фазовой неравномерности и динамического перераспределения потоков.

Таким образом, эксплуатационные ограничения нефтесборной сети в условиях после FGP и WPMP носят системно-режимный характер. Они обусловлены не единичными «узкими местами», а совокупным влиянием роста газового фактора, нестабильности двухфазного течения и конфигурации потоков в сети.

Выводы

Рост газового фактора после реализации проектов FGP и WPMP приводит к смене механизма формирования эксплуатационных ограничений нефтесборной сети – от геометрически обусловленных к режимно-обусловленным.

Ключевыми ограничивающими элементами сети становятся участки объединения потоков с различными дебитами и газосодержанием, где устойчивость работы определяется характером двухфазного течения, а не расчётной пропускной способностью трубопроводов.

Эксплуатационные ограничения проявляются в виде потери устойчивости режимов течения и повышенной чувствительности сети к перераспределению потоков, а не как превышение проектных расходов.

Применение традиционных расчётных подходов, основанных на усреднённых параметрах и квазистационарных предположениях, не позволяет адекватно оценить данные ограничения в условиях повышенного газового фактора.

Таким образом, для надёжной работы нефтесборных сетей после расширения производственных мощностей необходимо учитывать механизмы двухфазного течения при аналитической оценке их эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Beggs H. D. Gas production operations. Tulsa, OK: Oil & Gas Consultants International. – 1984. – P. 200–253.
- 2 Brill J. P. & Mukherjee H. Multiphase flow in wells. Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers. – 1999. – P. 112–156.
- 3 Shoham O. Mechanistic modeling of gas–liquid two-phase flow in pipes. Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers. – 2006. – P. 6–11.
- 4 Taitel Y. & Dukler A. E. A model for predicting flow regime transitions in horizontal and near horizontal gas–liquid flow. AIChE Journal. – № 22(1). – 1976. – P. 47–55.
- 5 Mandhane J. M., Gregory G. A. & Aziz K. A flow pattern map for gas–liquid flow in horizontal pipes. International Journal of Multiphase Flow. – № 1(4). – 1974. – P. 537–553.
- 6 Govier G. W. & Aziz K. The flow of complex mixtures in pipes. New York, NY: Van Nostrand Reinhold. – 1972. – P. 12–17.
- 7 Hagedorn A. R. & Brown K. E. Experimental study of pressure gradients occurring during continuous two-phase flow in small-diameter vertical conduits. Journal of Petroleum Technology. – 17(4). – 1965. – P. 475–484.
- 8 Ansari A. M. A comprehensive mechanistic model for upward two-phase flow in wellbores. SPE Production & Facilities. – № 9(2). – 1994. – P. 143–151.
- 9 Zhang H. Q., Wang Q., Sarica C. & Brill J. P. Unified model for gas-liquid pipe flow via slug dynamics. Journal of Energy Resources Technology. – № 125(4). – 2003. – P. 266–273.

10 Barnea D. A unified model for predicting flow-pattern transitions for the whole range of pipe inclinations. International Journal of Multiphase Flow. – № 13(1). – 1987. – P. 1–12.

11 Mukherjee H. Multiphase flow in oil and gas wells. Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers. – 2002. – P. 11–17.

12 Society of Petroleum Engineers. Recommended practices for production system analysis. Richardson, TX. – 2020. – P. 3–11.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОЖУХОТРУБНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ПУТЁМ УЛУЧШЕНИЯ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ МЕЖТРУБНОГО ПРОСТРАНСТВА

ШЕРШНЁВ А. В.

студент, Торайгыров университет, г. Павлодар

АБДУЛЛИНА Г. Г.

к.х.н., ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В данной статье рассмотрены способы модернизации кожухотрубных теплообменных аппаратов, направленных на повышение их теплотехнической и гидродинамической эффективности за счёт конструктивного улучшения межтрубного пространства. Проанализированы недостатки традиционных конструкций, связанные с неравномерным распределением теплоносителя, образованием застойных зон и повышенными гидравлическими потерями. Предложены конструктивные решения по изменению конфигурации перегородок, направляющих элементов и схем обтекания трубного пучка, обеспечивающие интенсификацию теплообмена и снижение сопротивления потоку. Показано, что модернизация межтрубного пространства позволяет увеличить коэффициент теплоотдачи и эксплуатационную надёжность теплообменных аппаратов без существенного усложнения конструкции и увеличения металлоёмкости.

Ключевые слова: кожухотрубный теплообменный аппарат, межтрубное пространство, теплообмен, перегородки, модернизация конструкции.

Введение

Кожухотрубные теплообменные аппараты занимают одно из ключевых мест в большинстве технологических процессов нефтеперерабатывающей, химической и энергетической промышленности. Простота конструкции, высокая механическая

прочность, универсальность применения и большой диапазон рабочих параметров делают их наиболее распространённым видом теплообменного оборудования. Однако длительная эксплуатация, повышение требований к энергоэффективности и увеличение производительности технологических установок ставят цель модернизации всех существующих теплообменников. Одним из наиболее значимых факторов, влияющих на теплообменные характеристики аппарата, является конструкция межтрубного пространства, включающая конфигурацию трубной решётки, шаг и схему укладки труб, систему перегородок а также обеспечиваемый ими гидродинамический режим течения теплоносителя. Нерациональная конструкция межтрубного пространства приводит к повышению гидравлического сопротивления, застойным зонам, неравномерному распределению потоков и снижению коэффициента теплопередачи.

Модернизация теплообменных аппаратов путём конструктивного улучшения межтрубного пространства позволит повысить эффективность работы аппаратов без необходимости их полной замены. Это особенно важно для работающих промышленных предприятиях, где модернизация оборудования должна обеспечить рост производительности при минимальных капитальных затратах и без существенного нарушения технологических процессов [1].

Методы и материалы

1) Винтовые (спиральные) перегородки это одно из наиболее эффективных решений модернизации. Преимущества: формирование непрерывного винтового потока; отсутствие резких изменений направления движения; снижение вибраций труб.

2) Уменьшение байпасных потоков.

Байпасные потоки снижают эффективность теплообмена. Методы устранения: установка уплотнительных планок; уменьшение зазоров между кожухом и пучком; повышение точности сборки трубного пучка.

3) Модификация трубного пучка повысит эффективность теплообмена.

Методы модернизации: применение шахматного расположения труб; применение труб с оребрением или турбулизаторами; оптимизация шага труб для увеличения турбулентности.

4) Снижение вибраций и износа.

Преимущества: применение опорных перегородок нового типа; равномерное распределение скоростей потока; исключение зон поперечного обтекания с высокими скоростями.

Межтрубное пространство является ключевым резервом повышения эффективности кожухотрубных теплообменников. Конструктивные улучшения (винтовые перегородки, уплотнительные планки, оптимизация пучка) позволяют повысить теплопередачу на 15 – 50 %; снизить вибрации и износ труб; уменьшить склонность к загрязнению; сократить эксплуатационные затраты. Модернизация экономически выгоднее полной замены аппарата [2, с. 74].

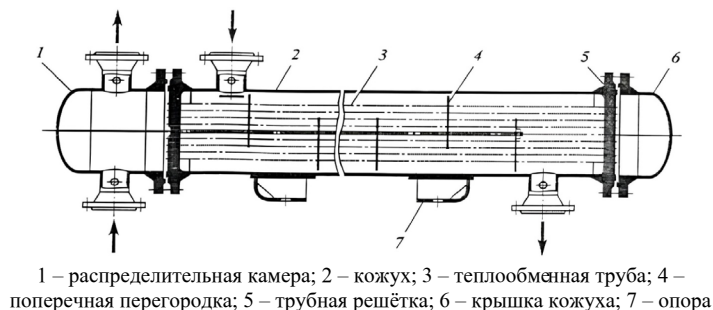


Рисунок 1 – Принцип действия кожухотрубного теплообменного аппарата

Принцип действия кожухотрубных теплообменных аппаратов.

Кожухотрубный теплообменный аппарат принадлежит к теплообменным агрегатам, в которых поверхность теплообмена между двумя фазными потоками состоит из труб, установленных в кожух, а теплопередача между потоками формируется через поверхность этих труб.

За счёт конструктивных особенностей данного агрегата, холодный и горячий теплоноситель циркулирует внутри раздельно друг от друга.

Работа кожухотрубного теплообменного аппарата основывается на передаче тепла между веществами с разными температурными значениями.

Его принцип работы достаточно простой. Между канальными стенками осуществляется процесс теплообмена между веществами. В распределительных камерах размещаются штуцера для входа и выхода сред.

Задняя камера аппарата имеет разворот. Дополнительными компонентами аппарата являются монтажные фиксаторы и опоры, с помощью которых агрегат может устанавливаться в вертикальном, так и в горизонтальном положении.

Действие аппарата основывается на том, что внутри осуществляется процесс теплообмена без слияния применяемого сырья. Носители должны быть разделены, в устройстве крепятся перегородки. Один подается штуцером в трубное пространство.

Другой подается под давлением в участок между труб. Причём агрегатное состояние носителей различается. Крышки располагаются на торцах кожуха.

Они полностью его герметизируют. Эффективность теплообмена увеличивается при помощи труб со специальными ребрами. При необходимости уменьшения теплообмена на трубы наносится тепловая изоляция (Рисунок 1).

К наиболее распространённым типам теплообменников относится кожухотрубный теплообменный аппарат. Этот тип теплообменников также разделяется на различные виды в соответствии с отличительными чертами конструкции.

Распространённый вариант противоточного кожухотрубного теплообменного агрегата, в котором горячий теплоноситель движется по межтрубному пространству.

Первичный теплоноситель (отдающий тепло) поступает в межтрубное пространство через входной штуцер с верха теплообменного аппарата и начинает движение по длине аппарата через поперечные перегородки 4, затем выходит из него через выходной штуцер расположенный с низу теплообменного аппарата. В виде первичного теплоносителя часто применяют водяной пар, который посредством теплопередачи конденсируется на трубках, и в таком случае выходной штуцер должен располагаться внизу аппарата, чтобы сконденсированная вода имела возможность свободно покидать межтрубное пространство.

Вторичный теплоноситель (принимающий тепло) через входной штуцер с низа аппарата попадает в распределительную камеру 1. Из неё теплоноситель равномерно распределяется по всем трубкам, и на выходе из них нагретый теплоноситель скапливается в аналогичной камере, выполняющей роль коллектора, после чего выводится из теплообменного аппарата через выходной штуцер сверху аппарата.

Тепловой поток от первичного теплоносителя к вторичному формируется ввиду разности температурных значений фаз, а промежуточным звеном в теплопереносе между ними является металлическая стенка трубок, для чего стремятся выбирать материал с максимальной теплопроводностью. В общем процессе теплового переноса можно определить три стадии: тепловая передача от

первичного теплоносителя к стенке трубок, тепловой перенос через материал трубок и тепловая отдача от стенки к вторичному теплоносителю [3, с. 145].

Виды кожухотрубных теплообменных аппаратов.

Технические характеристики кожухотрубных теплообменных аппаратов могут различаться в зависимости от их конструкции:

1) Жёсткость (кожух может быть жёстким, полужёстким или нежёстким);

2) Конфигурация (теплообменник может быть одноходовым и многоходовым);

В одноходовом кожухотрубном теплообменном аппарате теплоноситель распределяется по трубкам равномерно, поэтому в случае небольшого расхода процесс теплопередачи замедляется.

В одноходовом варианте устройства циркуляция теплового носителя осуществляется по ограниченному контуру.

Он подходит для процессов, где не принципиальна величина теплообмена (разница температурных значений окружающей среды и теплоносителя минимальна).

Второй вид снабжён поперечными или продольными перегородками, обеспечивающими перенаправление потоков носителя. Многоходовые устройства используются в технологических процессах, где необходима высокая скорость теплообмена.

3) Тип перемещения теплоносителя (теплообменник может быть прямоточным, перекрёстным или противоточным).

Температурное значение обменивающихся теплом сред внутри агрегата может меняться в амплитуде от минус 70 до плюс 350. Наименьшая площадь поверхности теплового обмена составляет менее 1 квадратного метра.

Диаметр кожуха может варьироваться от 400 до 1200 мм в зависимости от его конструкции. Длина труб должна составлять в диапазоне от 1,5 до 9 метров и зависит от диаметра аппарата.

Также можно разделить теплообменные аппараты по значению движения скорости вещества и коэффициента теплопередачи. В зависимости от этого, существуют следующие виды теплообменников:

1) Теплообменные аппараты с неподвижными трубками – это стандартный вариант, где трубки остаются неподвижными, а теплоноситель протекает через них.

2) Теплообменные аппараты с плавающей головкой – в таких агрегатах трубки могут свободно перемещаться, что позволяет компенсировать различные температурные расширения.

3) Теплообменные аппараты с температурным кожуховым компенсатором – здесь использование специального кожуха позволяет компенсировать различные температурные изменения в процессе теплообмена между фазами.

4) Теплообменные аппараты с U – образными трубками – в таких устройствах трубки имеют форму буквы U, что позволяет легко собирать и разбирать теплообменник, а также повышает эффективность передачи тепла между движущимися веществами [4, с. 45].

Выводы

Установлено, что традиционные конструкции теплообменных аппаратов обладают рядом недостатков, связанных с неравномерным распределением теплоносителя в межтрубном пространстве и наличием застойных зон, что приводит к снижению интенсивности теплообмена и увеличению гидравлических потерь.

Рассмотренные конструктивные способы модернизации межтрубного пространства, включающие изменение конфигурации перегородок и направляющих элементов, способствуют более равномерному обтеканию трубного пучка и интенсификации процессов теплообмена. Модернизация межтрубного пространства может быть реализована без существенного усложнения конструкции теплообменного аппарата и без значительного увеличения металлоёмкости, что повысит её технико – экономическую целесообразность.

ЛИТЕРАТУРА

1 Теплообменник: [Электронный ресурс] – <https://gazovikoil.ru/teploobmenniki>.

2 Исаченко В.П. Теплопередача: учебник для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сухомел. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 415 с.

3 Мартыненко О. Г. Справочник по теплообменникам: в 2-х т. / пер. с англ. под ред. О.Г. Мартыненко и др. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – Т.2. 352 с.

4 Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической технологии / А. Н. Плановский, В. М. Фамм, С. З. Каган. 5 изд., пер. и доп. М. : Химия, 1968. 848 с.

5 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия: ГОСТ 34347-2017. – Введен в действие 12.01.2017. – Москва: ФГУП «Стандарт-информ», 2017. – 77 с.

Жаратылыстану ғылымдары
Естественные науки

Секция 19
Биологияның өзекті мәселелері
Актуальные проблемы биологии

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ В РАЗВИТИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И КОГНИТИВНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ БИОЛОГИИ

АБДРАХМАНОВА М. А.
магистрант, ППУ имени Ә.Марғұлан, г. Павлодар
ЖУМАБЕКОВА Б. К.

профессор-исследователь, доктор биологических наук,
Павлодарский педагогический университет имени Ә.Марғұлан, г. Павлодар.

Современная подготовка педагогов требует не только глубокого владения предметом, но и способности применять методы, способствующие формированию компетентного, самостоятельного учителя. Одним из таких методов является моделирование учебной деятельности, которое объединяет теоретические знания и практические умения, создавая условия для развития профессиональных и когнитивных компетенций студентов.

Исследования показывают, что использование инновационных педагогических технологий способствует развитию профессиональной идентичности и когнитивного потенциала будущих педагогов [1, с. 106]. В подготовке биологов это особенно важно, поскольку преподавание предмета требует сочетания научного мышления, развитых когнитивных и аналитических навыков, а также педагогической компетентности [2, с. 52]

Цель настоящей работы - показать эффективность моделирования как метода организации учебной деятельности, отражая качественные изменения в профессиональных и когнитивных компетенциях студентов на примере сравнения экспериментальной и контрольной групп.

Исследование проводилось на двух группах студентов четвертого курса. Контрольная группа обучалась традиционными методами, без системного применения моделирования, тогда как экспериментальная группа включала в учебный процесс элементы моделирования. В

течение семестра студентам предоставлялась возможность работать с тремя видами моделирования: предметными (материальными), информационными (знаковыми) и игровыми. Занятия проводились дважды в неделю в формате лекций и дважды в неделю в форме практических занятий. Экспериментальная работа строилась по трёхэтапной модели. Первый этап, констатирующий, был направлен на выявление исходного уровня профессиональных и когнитивных компетенций студентов. На этом этапе проводились наблюдения и предварительные оценки, что позволяло определить начальный уровень подготовки студентов. Второй этап, формирующий, включал применение моделирования на лекциях и практических занятиях. Студенты самостоятельно разрабатывали и анализировали модели биологических процессов, выполняли задания с использованием этого метода, что способствовало развитию аналитического мышления, педагогической самостоятельности и креативности. Третий этап, контрольный, заключался в оценке достигнутых изменений компетенций, включая наблюдения за учебной деятельностью, анализ выполненных заданий и самооценку студентов.

Для систематизации и оценки эффективности моделирования использовалась классификация компетенций Селевко [3, с. 140], выделяющая профессиональные, когнитивные и личностные компетенции. В работе внимание сосредоточено на профессиональных и когнитивных аспектах, так как именно они развиваются в ходе моделирования. Методические подходы, предложенные Мырзабаевым [4, с. 34 - 35], обеспечивали практическую реализацию модели обучения, позволяя студентам работать с различными видами моделей и развивать ключевые навыки, необходимые для будущей профессиональной деятельности.

Оценка компетенций проводилась качественно, на основе наблюдений, анализа учебной деятельности и самооценки студентов. Дополнительно учитывались их впечатления: студенты отмечали, что работа с применением метода моделирования была интересной, активной и способствовала лучшему усвоению материала.

Сравнение контрольной и экспериментальной групп показало, что студенты, обучавшиеся с применением моделирования, продемонстрировали заметное улучшение когнитивных компетенций. А так же у студентов экспериментальной группы повысился уровень педагогических навыков. Это проявлялось в уверенном поведении студентов в ходе занятий и в умении применять различные педагогические приёмы. Аналитическое мышление

студентов улучшилось, они смогли самостоятельно анализировать информацию и принимать обоснованные решения при разработке моделей биологических процессов. Кроме того, креативность и активность на занятиях возросли, а способность работать с разными видами моделей - предметными, информационными и игровыми сформировалась в ходе практических занятий. Студенты отмечали, что им понравилось работать с этим методом, что повышало их вовлеченность и интерес к предмету.

Использование классификации Селевко позволило структурировать компетенции и оценить их развитие, а методические подходы Мырзабаева обеспечили практическую реализацию моделирования, формируя у студентов аналитические, творческие и профессиональные навыки.:

Таблица 1 – Качественные изменения профессиональных и когнитивных компетенций студентов

Компетенция/качество	Контрольная группа	Экспериментальная группа
Педагогическая компетентность	Проявляется эпизодически	Проявляется устойчиво и осознанно
Аналитическое мышление	Проявляется при поддержке преподавателя	Проявляется самостоятельно
Когнитивные навыки	Частично сформированы	Активно применяется в учебной деятельности
Креативность	Практически не используется	Уверенно применяется в учебной деятельности
Активность на занятиях	Участие нерегулярное	Участие активное и инициативное

Результаты исследования показывают, что включение моделирования в учебный процесс способствует развитию профессиональных и когнитивных компетенций будущих учителей биологии. Применение предметных, информационных и игровых моделей усилило познавательную активность студентов и обеспечило более осмысленное усвоение материала.

В экспериментальной группе студенты чаще демонстрировали самостоятельность при выполнении заданий, умение анализировать биологические процессы и применять знания в учебных ситуациях. Развитие профессиональных компетенций проявилось в способности планировать учебную деятельность и выбирать способы объяснения материала, что соответствует подходам к организации педагогической подготовки [5, с. 68].

Когнитивные изменения выражались в развитии навыков анализа, обобщения и интерпретации информации, что согласуется с требованиями к обучению биологии [6, с. 81]. Положительное отношение студентов к использованию моделирования указывает на рост учебной мотивации и вовлеченности.

Проведенное исследование позволило установить, что использование моделирования в подготовке будущих учителей биологии способствует развитию их профессиональных и когнитивных компетенций. Включение различных видов моделирования в учебный процесс обеспечивает более глубокое понимание биологических явлений, формирует навыки анализа и интерпретации информации, а также развивает способность к самостоятельной педагогической деятельности.

Сравнение контрольной и экспериментальной групп показало, что системное применение моделирования приводит к заметным изменениям в характере учебной деятельности студентов. Они становятся более активными, инициативными, способны самостоятельно решать учебные и профессиональные задачи, что является важным показателем их готовности к будущей педагогической деятельности.

Полученные результаты подтверждают целесообразность внедрения моделирования в систему подготовки будущих учителей биологии. Данный метод позволяет не только повысить качество усвоения учебного материала, но и обеспечить комплексное развитие личности будущего педагога, что отвечает современным требованиям к педагогическому образованию.

Результаты исследования могут быть использованы при разработке учебных программ, а также в практике преподавания биологических дисциплин с целью повышения эффективности формирования профессиональных и когнитивных компетенций студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахманова М. А. Применение инновационного опыта в педагогической деятельности (теоретико-сравнительный анализ) // Проблемы современного образования. – Москва, 2017. – № 2. – С. 104–109.
2. Гузеев В. В. Образовательная технология XXI века: деятельность, ценности, успех. – М.: Центр «Педагогический поиск», 2004. – 256 с.

3. Селевко Г. К. Компетентности и их классификация. – М.: Народное образование, 2004. – С. 138–144.
4. Мырзабаев А. Б. Биологияны оқыту әдістемесі. – Қарағанды, 2006. – 150 с.
5. Болотов В. А., Исаев Е. И., Слободчиков В. И. Проектирование профессионального педагогического образования // Педагогика. – 1997. – № 4. – С. 66–72.
6. Никишов А. И. Теория и методика обучения биологии: учебное пособие для вузов. – М.: Колосс, 2007. – 303 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ПРЕПОДАВАНИЯ БИОХИМИИ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ БИОЛОГИИ

АБДРАХМАНОВА М. А.

магистрант, ППУ имени Ә. Марғұлан, г. Павлодар

ЖУМАБЕКОВА Б. К.

профессор-исследователь, доктор биологических наук,

Павлодарский педагогический университет имени Ә. Марғұлан, г. Павлодар

Современная подготовка будущих учителей биологии требует сочетания теоретических знаний и практических навыков, что особенно важно при изучении биохимии и молекулярной биологии [1]. Проблема в том, что традиционные методы обучения, основанные на лекциях и демонстрациях, не всегда обеспечивают наглядность, активное участие студентов и развитие их аналитических способностей [2]. Изучая работы по данной теме можно сделать вывод, что применение моделирования в образовательном процессе позволяет визуализировать сложные биохимические реакции и молекулярные механизмы, повышает эффективность лабораторных занятий и способствует формированию познавательных навыков учащихся [3]. В частности, моделирование стимулирует развитие критического и аналитического мышления, навыков интерпретации данных, установления причинно-следственных связей и практического применения теоретических знаний [4].

Обзор литературы показал, что в педагогической практике моделирование широко используется для решения проблемы нехватки времени на практические занятия, повышения мотивации

учащихся и формирования навыков самостоятельной работы [5]. Моделирование образования в педагогическом контексте также способствует преодолению разрыва между теорией и практикой путем создания интерактивной учебной среды [6].

В рамках данного исследования мы стремимся выяснить, насколько эффективно применение различных методов моделирования способствует усвоению дисциплины «Биохимия и молекулярная биология» студентами, будущими педагогами 4 курса. Помимо оценки результативности самого подхода, мы также планируем определить, какие именно профессиональные компетенции и познавательные способности будут формироваться и совершенствоваться у студентов в процессе такой работы. Для достижения цели последовательно выполнялись следующие задачи. Во-первых, для сравнительного анализа результатов обучения был проведен педагогический эксперимент с двумя группами студентов (экспериментальной и контрольной). Во-вторых, дана оценка уровня усвоения теоретического материала и развития навыков, которые способствует решению проблем в сфере подготовке будущих специалистов. В-третьих, было проанализировано развитие аналитического и критического мышления, а затем сравнение данных между группами. В-четвертых, изучалось влияние моделирования на учебную мотивацию студентов и эффективность использования учебного времени. Таким образом, решение этих задач позволило всесторонне оценить предложенную методику, ее влияние на качество подготовки студентов и практическую значимость для образовательного процесса.

Для достижения целей исследования был проведен семестровый эксперимент со студентами 4 курса Павлодарского педагогического университета имени Әлкей Марғұлан. Всего в исследовании приняли участие 50 студентов. Основной целью эксперимента была оценка эффективности использования метода моделирования в обучении биохимии и молекулярной биологии. В ходе урока были использованы различные виды моделирования. Среди них предметные (материальные) модели, позволяющие наглядно представить молекулы и процессы; информационные (символические) модели, включающие схемы, графики и компьютерное моделирование; а также игровые модели, привлекающие учащихся к исследовательским и проблемным ситуациям. Такой комплексный подход обеспечил развитие аналитического и критического мышления, формирование практических навыков работы в лаборатории, а также активное

вовлечение студентов в учебный процесс. Для оценки результатов было использовано несколько методов: наблюдение за деятельностью учащихся во время практических занятий и лабораторных работ, тестирование для проверки усвоения теоретического материала, выполнение практических заданий, оценивающих лабораторные навыки, а также анкетирование, позволяющее определить мотивацию и уровень наглядности материала. Применение метода моделирования позволило не только глубже понять биохимические и молекулярные процессы, но и повысить вовлеченность учащихся в учебный процесс, развить познавательные навыки, улучшить практическую подготовку и рационально использовать учебное время.

Результаты показали, что использование моделирования значительно улучшает понимание сложных биохимических и молекулярных процессов. Студенты активно участвовали в практических заданиях, показали уверенное владение лабораторным оборудованием и навыками проведения экспериментов. Анализ анкеты показал, что метод моделирования повысил мотивацию учащихся, сделал занятия более интересными и наглядными, а также способствовал рациональному использованию учебного времени.

Результаты проведенного семестрового эксперимента подтвердили первоначальную гипотезу: использование метода моделирования повышает качество обучения биохимии и молекулярной биологии. Данные показали, что студенты, участвовавшие в занятиях с применением метода моделирования, лучше усваивали теоретический материал и проявляли более высокий уровень развития когнитивных навыков - аналитического и критического мышления, умения обобщать информацию и применять знания на практике. Эти результаты соответствуют современным исследованиям, где отмечается способствование моделирования улучшению понимания сложных процессов и увеличению вовлеченности студентов [1, 2].

Метод моделирования также оказался эффективным инструментом для преодоления проблем традиционного обучения: ограниченного времени на практику, недостатка наглядности и перегруженности теоретическим материалом. Студенты отмечали, что использование визуальных моделей, интерактивных схем и игровых элементов повышало интерес к предмету и помогало лучше усваивать сложные концепции. Кроме того, применение различных видов моделирования предметного, информационного и игрового - позволило развивать не только профессиональные навыки, но и

когнитивные умения, такие как способность к логическому анализу, синтезу информации и самостоятельному принятию решений в учебной деятельности. Эксперимент показал, что такие подходы создают условия для более глубокой и осознанной подготовки будущих учителей биологии, формируя у них готовность применять инновационные методики в собственной педагогической практике. Так же было отмечено будущими учителями биологии, что в ходе производственной практики в стенах школы они активно применяют метод моделирования для объяснения тем.

В ходе исследования данной темы эксперимент показал, что моделирование является эффективным инструментом для развития когнитивных и профессиональных навыков студентов педагогических направлений. Метод позволяет решать ключевые проблемы традиционного обучения: недостаток практических занятий, низкую наглядность и ограниченность времени. Применение таких подходов позволяет улучшить образовательный процесс, создать обучение визуальный и ориентированный на опыт, и студенты более мотивированы и готовы к профессиональной деятельности.

На основе полученных данных рекомендуется внедрять моделирование как регулярную методику в подготовку будущих учителей биологии. А также использовать разнообразные виды моделирования - предметные, информационные игровые - для повышения вовлеченности и развития аналитического мышления. В дальнейших исследованиях рассмотреть влияние моделирования на групповую работу, дистанционное обучение и формирование междисциплинарных навыков. Применение таких подходов позволит улучшить образовательный процесс, сделать обучение более наглядным и практико-ориентированным, а студентов - более мотивированными и готовыми к профессиональной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Левина М.А. Современные методы обучения биохимии. – М.: Педагогика, 2020. – 256 с.
- 2 Петров С.В., Коваленко Н.И. Интерактивные методы преподавания молекулярной биологии. – СПб.: Наука, 2019. – 178 с.
- 3 Johnson D.W., Johnson R.T. Cooperative Learning in Higher Education. – New York: Routledge, 2021. – 350 p.
- 4 Bruner J. The Process of Education. – Cambridge: Harvard University Press, 2016. – 192 p.

5 Shavelson R.J. Measuring College Student Learning in Science. – New York: Springer, 2019. – 280 p.

6 Alessi S.M., Trollip S.R. Multimedia for Learning: Methods and Development. – Boston: Pearson, 2017. – 300 p.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ОЦЕНИВАНИЯ УЧАЩИХСЯ С ООП НА УРОКАХ БИОЛОГИИ

АКПАРОВА Г. Е.

магистрант, Павлодарский педагогический
университет имени Ә. Марғұлан, г. Павлодар

КОРОГОД Н. П.

доцент, к. б.н., Павлодарский педагогический
университет им. Ә.Марғұлан, г. Павлодар

В статье рассматривается проблема повышения эффективности оценивания учебных достижений обучающихся с особыми образовательными потребностями (ООП) на уроках биологии. Обоснована необходимость применения дифференцированного подхода в условиях инклюзивного образования. Представлены результаты экспериментального исследования, направленного на выявление влияния дифференцированного оценивания на уровень учебных достижений и мотивацию учащихся. Доказано, что использование адаптированных критериев, разноуровневых заданий и формирующего оценивания способствует повышению качества знаний и учебной активности обучающихся с ООП [1, с. 9].

Современная система образования ориентирована на обеспечение равного доступа к качественному обучению для всех категорий обучающихся, включая детей с особыми образовательными потребностями. В условиях инклюзивного образования особую актуальность приобретает проблема объективного и справедливого оценивания учебных достижений таких учащихся [2, с. 25].

Традиционная система оценивания не всегда учитывает индивидуальные особенности обучающихся с ООП, что может приводить к снижению их учебной мотивации и самооценки. В этой связи возникает необходимость внедрения дифференцированного подхода в оценивании, позволяющего учитывать уровень

подготовки, темп усвоения материала и когнитивные особенности учащихся [3, с. 34].

Цель исследования — определить эффективность дифференцированного оценивания учащихся с ООП на уроках биологии.

Дифференцированный подход в обучении и оценивании рассматривается в трудах отечественных и зарубежных педагогов как важное условие индивидуализации образовательного процесса. Он предполагает вариативность содержания, методов и форм контроля знаний в зависимости от особенностей обучающихся [4, с. 67]

В контексте преподавания биологии это особенно значимо, поскольку предмет включает как теоретические знания, так и практические умения (наблюдение, анализ, эксперимент), требующие различных способов оценки.

Дифференцированное оценивание включает:

- использование разноуровневых заданий;
- адаптацию критериев оценивания;
- применение формирующего оценивания;
- учет индивидуального прогресса учащихся.

Для обучающихся с ООП важным является создание ситуации успеха, что достигается через гибкую систему оценивания и поддержку со стороны учителя [5, с. 11].

Экспериментальное исследование проводилось на базе общеобразовательной школы среди учащихся 7 класса, включая обучающихся с особыми образовательными потребностями.

В исследовании приняли участие 2 группы:

- контрольная группа (традиционное оценивание);
- экспериментальная группа (дифференцированное оценивание).

В рамках эксперимента в экспериментальной группе применялись:

- задания трех уровней сложности;
 - индивидуальные критерии оценивания;
 - устные и визуальные формы контроля;
 - самооценивание и взаимооценивание.
- Для оценки эффективности использовались:
- результаты контрольных работ;
 - уровень учебной мотивации;
 - степень вовлеченности учащихся [6, с. 88].

Анализ показал рост самостоятельности обучающихся экспериментального класса.

До эксперимента:

большинство учащихся с ООП выполняли задания только с помощью учителя.

После эксперимента:

увеличилось количество учащихся, способных работать частично самостоятельно;

снизилась зависимость от помощи учителя;

улучшилось выполнение заданий среднего уровня сложности.

В контрольном классе изменения были минимальными.

Особое внимание уделялось эмоциональному состоянию обучающихся при оценивании.

В экспериментальном классе:

-снизился уровень тревожности;

-повысилась уверенность;

-исчез страх перед проверочными работами.

Это связано с:

-использованием формирующего оценивания;

-поддерживающей обратной связью;

-возможностью выбора уровня заданий.

В контрольном классе:

-сохранялась высокая тревожность;

-наблюдался страх перед оцениванием.

Сравнение экспериментального и контрольного классов показало:

Показатель	Экспериментальный класс	Контрольный класс
Уровень знаний	Значительное повышение	Без изменений
Мотивация	Повышение	Без изменений
Самостоятельность	Рост	Незначительный рост
Тревожность	Снижение	Без изменений

Внедрение дифференцированного подхода оказало комплексное положительное влияние.

Полученные результаты подтверждают положения:

Л.С. Выготского о зоне ближайшего развития;

Б. Блума о необходимости уровневых заданий;

К. Томлинсон о дифференциации обучения [7, с. 91]

Дифференцированное оценивание:

-делает обучение доступным;

-учитывает индивидуальные особенности;

-создает ситуацию успеха.

В результате проведенного исследования установлено:

1 Дифференцированный подход в оценивании существенно повышает уровень учебных достижений обучающихся с ООП.

2 Использование разноуровневых заданий способствует росту мотивации.

3 Формирующее оценивание снижает тревожность и повышает уверенность.

4 Сравнение с контрольным классом подтвердило эффективность предложенной методики.

5 Наиболее значимые изменения наблюдаются в когнитивной и мотивационной сферах [8, с. 102]

Полученные результаты подтверждают, что дифференцированное оценивание является эффективным инструментом в обучении учащихся с ООП. Оно способствует не только улучшению учебных результатов, но и развитию личностных качеств учащихся, таких как самостоятельность и ответственность.

Особое значение имеет использование формирующего оценивания, которое позволяет отслеживать индивидуальный прогресс и своевременно корректировать образовательный процесс [9, с. 21].

Таким образом, дифференцированное оценивание является важным условием успешного обучения учащихся с особыми образовательными потребностями на уроках биологии. Его применение способствует повышению качества знаний, развитию учебной мотивации и созданию благоприятной образовательной среды.

Результаты исследования могут быть использованы учителями биологии при организации оценочной деятельности в условиях инклюзивного образования [10, с. 54].

ЛИТЕРАТУРА

1 Белозерцева, В. И., & Куликова, Н. А. Инклюзивное образование: теоретические основы и практическое применение. М.: Изд-во МГУ. 2019.

2 Соловьёва, А. В., & Петрова, М. Ю. (2021). Дифференцированное обучение в школе: теория и практика. Санкт-Петербург, 2021.

3 Захарова, Н. И. Особенности работы с детьми с особыми образовательными потребностями. М.: Академический проект, 2020.

4 Смирнова, М. П. Инклюзивные подходы в образовательном процессе: биология и её преподавание. М.: Просвещение, 2018.

5. Богданова, Т. В. Оценка знаний учеников с особыми потребностями в условиях инклюзивного образования. Вестник образования, 3(11), 34-42, 2022.
6. Воскобович, Е. Д. Педагогика инклюзивного образования: теория и практика. М.: Изд-во «Сфера», 2017
7. Казакова, Л. В. Методы и формы оценки знаний учеников с особыми образовательными потребностями в инклюзивной школе. Педагогика и психология образования, 2(5), 12-19, 2019.
8. Леонова, Л. Г. Дифференцированное обучение: подходы, стратегии, инструменты. М.: Академический учебник, 2021
9. Григорьева, Т. С., Иванова, С. А. Дифференцированное обучение в школьном образовании. Журнал педагогических исследований, 4(9), 78-85, 2020
10. Михеева, Н. А., Чистова, В. В. Использование технологий для оценки знаний учеников с особыми потребностями. М.: НИЦ «Учёный», 2018

СЕЗОННЫЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИНАНТРОПНЫХ ЗИМУЮЩИХ ПТИЦ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ ПАВЛОДАРА

АУБАКИРОВ Р. Н.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЧИДУНЧИ И. Ю.
PhD, профессор кафедры «Биология и экология»,
Торайгыров университет, г. Павлодар

В последние десятилетия урбанизация стала одним из ведущих факторов трансформации природных экосистем. Рост городов, промышленное развитие и изменение климата изменяют структуру и функции городских биоценозов. Одними из наиболее наглядных индикаторов этих процессов выступают птицы. Часть видов успешно приспособилась к жизни рядом с человеком и стала постоянным элементом городской фауны. Такие виды относят к синантропным: они обитают в населённых пунктах, используют созданные человеком убежища и кормовые ресурсы, а также размножаются в изменённой среде [1]. Наиболее обычны в городах Северного Казахстана сизый голубь *Columba livia*, домовый и полевой воробьи *Passer domesticus* и *Passer montanus*, сорока *Pica pica*, галка *Corvus monedula* и вороны.

Павлодар – крупный промышленный центр северо-востока Казахстана, расположенный на правом берегу Иртыша. Резко континентальный климат, продолжительная зима, невысокий снежный покров и наличие техногенно изменённых биотопов создают контрастные условия для зимовки птиц [2]. Особое значение имеют жилые кварталы, промышленные зоны, городские парки и незамерзающие участки Иртыша, где формируются устойчивые зимние скопления. Цель работы – обобщить данные о видовом составе, сезонной динамике и пространственном распределении синантропных зимующих птиц Павлодара, а также показать их основные адаптации к условиям урбанизированной среды [3].

Синантропными называют дикие виды, приспособившиеся к существованию рядом с человеком. Среди них выделяют облигатных синантропов, почти не встречающихся вне населённых пунктов, и факультативных, способных жить как в естественных, так и в антропогенных биотопах [1]. К первой группе относятся сизый голубь и домовый воробей, ко второй – сорока, серая ворона и некоторые дрозды.

Адаптация к городской среде начинается с изменения поведения. У синантропных птиц уменьшается дистанция вспугивания, повышается толерантность к человеку и транспорту, быстрее формируются устойчивые кормовые маршруты [4]. Зимой большое значение имеют переход на более калорийную пищу, использование пищевых отходов, подкормки населения, а также ночёвки в защищённых и более тёплых местах. В условиях суровой зимы экологическая пластичность становится ключевым фактором выживания.

Город представляет собой мозаику местообитаний – от участков, близких к естественным, до полностью искусственных биотопов. Одни виды концентрируются у жилой застройки и хозяйственных объектов, другие связаны с древесно-кустарниковыми насаждениями, а третьи используют прибрежные зоны и незамерзающие водоёмы. Благодаря этому синантропные птицы осваивают практически весь спектр городских биотопов.

Павлодар расположен в долине Иртыша, в зоне степных и интразональных пойменных ландшафтов. Правобережье характеризуется разнотравно-ковыльными степями, левобережье – долинной растительностью с участием ив и тополей [2]. Климат резко континентальный: средняя температура января составляет –17...–18 °С, абсолютный минимум достигает –48 °С, морозы ниже

–20 °С сохраняются до 70–80 дней в году. Тёплые сбросные воды Аксусской ГРЭС препятствуют полному замерзанию отдельных участков Иртыша, формируя зимой локальные зоны открытой воды, важные для водоплавающих птиц [2].

По материалам многолетних наблюдений 1991–1997 гг. в окрестностях Павлодара зарегистрировано 67 зимующих видов птиц, относящихся к 7 отрядам. Основу зимней орнитофауны составляют оседлые виды; на долю воробьиных приходится 44 вида, или 65,7 % всех зимующих птиц. Синантропная фауногенетическая группа включает 32 вида (47,8 %), сибирская – 18 видов (27 %), транспалеарктическая – 10 видов (15 %) [3]. По экологическим группам преобладают дендрофилы, однако в структуре зимних сообществ заметную роль играют также лугово-степные и водно-околоводные виды. В таблице 1 описаны типичные виды птиц, наиболее часто встречаемые на территории г. Павлодар в зимний период.

Таблица 1 – Типичные виды птиц, обитающие на территории г. Павлодар в зимний период

Вид	Группа	Характерные зимние местообитания
Сизый голубь (<i>Columba livia</i>)	облигатный синантроп	Жилые кварталы, рынки, площади, места пищевых отходов
Домовый и полевой воробьи (<i>Passer domesticus</i> , <i>Passer montanus</i>)	облигатные синантропы	Дворы, частный сектор, хозяйственные постройки, фермы
Сорока, галка, вороны (<i>Pica pica</i> , <i>Corvus spp.</i>)	факультативные синантропы	Дворовые территории, свалки, промышленные зоны, парки
Большая синица, лазоревки, московка (<i>Parus spp.</i>)	дендрофилы	Парки, аллеи, лесополосы, сады
Большой пёстрый дятел (<i>Dendrocopos major</i>)	дендрофил	Древесные насаждения, посадки, частный сектор
Свиристель, рябинник (<i>Bombycilla garrulus</i> , <i>Turdus pilaris</i>)	ягодоядные кочующие виды	Парки и кварталы с рябиной, яблоней и другими плодоносящими деревьями
Кряква, хохлатая черныш и др.	водоплавающие	Незамерзающие участки Иртыша и прибрежные полыньи

Помимо названных видов, зимой на окраинах города встречаются перепелятник *Accipiter nisus* и зимняк *Buteo lagopus*, а на незамерзающих участках Иртыша – различные водоплавающие птицы [3].

Формирование зимнего орнитокомплекса начинается во второй половине октября и в основном завершается к первой половине ноября, когда устанавливается относительно устойчивая группа зимующих птиц [3]. В 1991–1997 гг. в районе Павлодара отмечали 67 зимующих видов, тогда как в 2000–2016 гг. их число сократилось до 36, что, вероятно, связано с климатическими изменениями и трансформацией местообитаний [3].

Октябрь - первая половина ноября	Декабрь - январь	Февраль - март
Формирование зимнего орнитокомплекса	Максимальная концентрация у кормных и тёплых участков	Рост активности, перераспределение по биотопам

Рисунок 1 – Основные этапы сезонной динамики зимующего орнитокомплекса Павлодара

В ранний период зимы птицы концентрируются на участках с ягодными кормами и возле мест антропогенной подкормки. В разгар морозов возрастает значение тёплых промышленных площадок, свалок и незамерзающих участков водоёмов. К концу зимы, в феврале – марте, усиливается подвижность птиц и начинается перераспределение по потенциальным гнездовым участкам.

Изучив научно-методическую литературу, проанализировав полученные данные мы сделали выводы о ключевых участках концентрации зимующих синантропных птиц в Павлодаре (таблица 2).

Рисунок 2 – Схема ключевых участков концентрации зимующих синантропных птиц в Павлодаре (условно)

Участок	Особенности зимнего населения
1. Исторический центр и многоэтажная застройка	Преобладают воробьи, голуби и вороны. Здания используются для ночёвок и укрытий, кормовая база поддерживается пищевыми отходами и подкормкой жителей.
2. Частный сектор и садовые участки	Характерны синицы, дятлы, поползни и пищухи; плодовые деревья и хозяйственные постройки повышают разнообразие и обеспечивают укрытия.
3. Промышленные зоны и свалка	Высокая концентрация кормовых ресурсов и локальные источники тепла привлекают врановых и голубей; чувствительные виды представлены слабее.
4. Парки, аллеи и лесополосы	Основные места зимовки дендрофильных видов, а также ягодоядных кочующих птиц.

Участок	Особенности зимнего населения
5. Прибрежные участки Иртыша	Благодаря полыньям и открытой воде здесь концентрируются кряквы, чернети и другие водоплавающие птицы; береговая растительность служит укрытием для воробьиных.

Синантропные зимующие птицы являются важным компонентом городской биоты Павлодара и одновременно индикаторами состояния урбанизированной среды. Их устойчивость определяется сочетанием поведенческой пластичности, гибкости питания и способности использовать разнообразные городские биотопы. Наиболее многочисленными и стабильными остаются сизый голубь, домовый и полевой воробьи, сорока, галка, вороны и синицы [3, 4].

Сезонное и пространственное распределение зимующих птиц в Павлодаре тесно связано с контрастностью городских местообитаний, обеспеченностью кормом и наличием участков с более мягким микроклиматом. Полученные сведения важны для дальнейшего мониторинга, экологического планирования городской среды и разработки мер по сохранению биоразнообразия.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Синантропные виды / Места обитания / Птицы Европы. Электронный ресурс.
- 2 Чикин С. А., Убаськин А. В. О зимней авифауне окрестностей города Павлодара // Русский орнитологический журнал. 2017.
- 3 Соломатин А. О., Шаймарданов Ж. К. (ред.) Птицы Павлодарского Прииртышья: распространение и экология. Павлодар, 2005.
- 4 Доржиев Ц. З., Сандакова С. Л. Особенности экологии синантропных птиц // Ученые записки Забайкальского государственного университета. 2014.
- 5 Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий. М.: Академкнига, 2003.
6. Marzluff J. M. Worldwide urbanization and its effects on birds // Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World. 2001.
7. Chamberlain D. E., Cannon A. R., Toms M. P. Associations of garden birds with gradients in garden habitat and local habitat. Ecography. 2004.
8. Møller A. P. Flight distance and population trends in European breeding birds // Behavioral Ecology. 2008. Vol. 19.

АДАПТАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ *ESCHERICHIA COLI* К СТРЕССОВЫМ УСЛОВИЯМ: ТЕМПЕРАТУРНЫЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

БАГИЕНОВА Г. Ж.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

С конца XIX века *Escherichia coli* рассматривается как один из первых санитарно-показательных микроорганизмов, не утративший своей значимости до настоящего времени. Данный микроорганизм является нормальным обитателем кишечника человека и теплокровных животных, но при этом его присутствие вне кишечного тракта сигнализирует о возможном контакте с фекальными массами.

В настоящее время *Escherichia coli* широко используется в биоинженерии и промышленной микробиологии, а также продолжает играть важную роль в качестве основного индикатора санитарного состояния воды, пищевых продуктов и объектов окружающей среды, что подтверждается современными нормативными требованиями и результатами научных исследований. В условиях возрастающего антропогенного воздействия и широкого применения дезинфицирующих средств особую актуальность приобретает изучение способности данного микроорганизма адаптироваться к неблагоприятным факторам среды. Это обусловлено тем, что механизмы выживания и устойчивости *E. coli* напрямую влияют на эффективность санитарно-гигиенических мероприятий и достоверность микробиологического контроля [1].

В связи с этим предметом настоящего исследования является анализ адаптационных механизмов *Escherichia coli* к стрессовым условиям, в частности к температурным и химическим воздействиям, с целью оценки их роли в формировании устойчивости и сохранении жизнеспособности микроорганизма в различных средах [1; 2].

Микроорганизмы постоянно подвергаются изменяющимся условиям среды, что требует наличия высокоэффективных адаптационных стратегий. *Escherichia coli*, как представитель кишечной микрофлоры человека и теплокровных животных, сталкивается с изменением температуры, pH, ультрафиолетового излучения, химических токсинов и антимикробных веществ. Выживание в этих условиях определяется активированием специфических генетических программ стресс-ответа,

обеспечивающих сохранение структурной целостности и функциональной активности клеточных компонентов. Адаптация к стрессам отражает общий механизм устойчивости бактерий, что имеет прямое значение для санитарного контроля воды, продуктов питания и эпидемиологии инфекций.

Адаптация микроорганизмов к экстремальным условиям окружающей среды обеспечивает их выживание при воздействии стрессоров, таких как резкие колебания температуры и химические агенты. *Escherichia coli* – модельная грамотрицательная бактерия, широко изучаемая в контексте стрессовых реакций. Стрессовые реакции включают модификацию транскрипционного профиля, активацию шаперонов и протеаз, синтез малых регуляторных РНК и ремоделирование клеточных барьеров. Данная статья представляет современный анализ ключевых адаптационных механизмов *E. coli* при термическом и химическом воздействии, обсуждает их биологическое значение и практическое влияние на санитарномикробиологический контроль [3].

Жизнеспособность и устойчивость *Escherichia coli* определяется её биологическими особенностями и способностью адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды. Бактерия является факультативным анаэробом, что позволяет ей развиваться как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Диапазон температур, при которых возможно сохранение жизнеспособности *E. coli*, достаточно широк: оптимальный рост наблюдается при 37 °C, однако часть штаммов способна сохраняться при температуре от 10 °C до 45 °C, а при замораживании в благоприятной среде клетки могут сохранять жизнеспособность в течение месяцев.

Кроме того, бактерия демонстрирует относительную устойчивость к изменениям pH среды, при этом при экстремально кислых или щелочных значениях рост замедляется, но часть клеток остаётся жизнеспособной и возобновляет метаболическую активность после возвращения к оптимальным условиям. Эти свойства делают *E. coli* надежным индикатором фекального загрязнения воды, пищевых продуктов и поверхностей [4].

Температурный стресс: молекулярные механизмы адаптации. Температурный стресс у бактерий, таких как *E. coli*, вызывает повреждение клеточных структур и нарушение основных процессов. При повышении температуры происходит денатурация белков, нарушение целостности мембран и снижение эффективности клеточных функций. В ответ клетка запускает тепловой стресс-ответ

(heat shock response). Его основа – усиленный синтез шаперонов и протеаз. Шапероны (например, DnaK, DnaJ, GroEL, GroES) помогают неправильно свернувшимся белкам восстановить структуру и предотвращают их агрегацию, а протеазы разрушают сильно повреждённые белки. Регуляция этого процесса осуществляется альтернативным сигма-фактором σ^{32} (продукт гена *groH*). Он направляет РНК-полимеразу к генам теплового шока и активирует их транскрипцию. Дополнительно сигма-фактор σ^E отвечает за защиту и восстановление клеточной оболочки при её повреждении.

Высокая температура также влияет на стабильность мРНК, работу рибосом и скорость трансляции, что приводит к перестройке метаболизма в сторону стрессоустойчивых процессов.

При понижении температуры активируется холодостресс-ответ. Он включает синтез холодошоковых белков (CSP), которые стабилизируют РНК, поддерживают эффективность трансляции и помогают сохранять текучесть мембран.

Таким образом, адаптация *E. coli* к температурным изменениям основана на быстрой регуляции экспрессии генов и синтезе специализированных белков, обеспечивающих защиту и восстановление клеточных структур [5; 6].

Генеральный стресс-ответ и σ^S регуляция. Помимо специфических реакций на термический стресс, *E. coli* обладает генеральной системой стресс-ответа, регулируемой альтернативным сигма-фактором σ^S (RpoS). Эта система активируется при широком спектре стрессоров: окислительном, осмотическом, кислотном шоке и других. σ^S влияет на экспрессию более чем 500 генов, большинство из которых участвует в защите от повреждений, метаболизме, восстановлении ДНК и регуляции клеточного цикла [5].

Генеральный стресс у бактерий, таких как *E. coli*, возникает при воздействии различных неблагоприятных факторов (окислительный, осмотический, кислотный стресс и др.) и приводит к нарушению клеточных процессов. В ответ клетка активирует генеральный стресс-ответ. Его основа – изменение экспрессии большого числа генов, обеспечивающих защиту и восстановление клетки. Эти гены участвуют в защите белков и мембран, репарации ДНК, а также в перестройке метаболизма.

Ключевую роль в регуляции этого ответа играет альтернативный сигма-фактор σ^S (RpoS), который направляет РНК-полимеразу к генам стресс-ответа и активирует их транскрипцию, обеспечивая адаптацию клетки к неблагоприятным условиям. Регуляция σ^S осуществляется

на нескольких уровнях: транскрипции, трансляции и деградации белка. Важную роль в этом процессе играют малые регуляторные РНК (DsrA, RprA, OxyS), которые стабилизируют мРНК *groS* и регулируют её трансляцию в зависимости от типа стресса.

Таким образом, генеральный стресс-ответ у *E. coli* представляет собой универсальную систему адаптации, обеспечивающую координированную защиту клетки и повышение её устойчивости к различным стрессовым воздействиям [7].

Адаптация к химическим воздействиям: кислотный и осмотический стресс. Помимо физических факторов, на жизнедеятельность *E. coli* существенно влияют химические воздействия окружающей среды. Адаптация к химическим воздействиям у *E. coli* связана с действием факторов, таких как экстремальные значения pH, токсичные соединения и антимикробные вещества, которые нарушают клеточные функции. При снижении pH активируются системы кислотной устойчивости (Acid Resistance, AR). Их основа – работа ферментативных комплексов, которые уменьшают внутриклеточную кислотность за счёт связывания протонов и изменений структуры мембраны. Это позволяет клетке поддерживать стабильные условия внутри даже в кислой среде.

При осмотическом стрессе включается регуляторная система EnvZ–OmpR. Белок OmpR контролирует экспрессию поринов OmpF и OmpC, изменяя проницаемость внешней мембраны. Это помогает ограничить поступление вредных веществ и восстановить осмотический баланс.

Длительное воздействие низких концентраций химических агентов (например, антибиотиков или дезинфектантов) приводит к формированию устойчивых популяций. В основе этой устойчивости лежат несколько механизмов:

- снижение проницаемости мембраны для токсичных веществ;
- работа эффлюксных насосов (например, AcrAB–TolC), которые активно выводят вредные соединения из клетки;
- генетические изменения, включая мутации в регуляторных генах, усиливающие стрессоустойчивость.

Дополнительную защиту обеспечивает образование биоплёнок – многоклеточных структур, окружённых защитной матрицей, которая ограничивает проникновение антимикробных веществ и способствует обмену генами устойчивости между клетками [8].

Таким образом, адаптация *Escherichia coli* к термическим и химическим стрессам представляет собой сложный многоуровневый процесс, включающий интеграцию регуляторных сетей, модификацию мембранных структур, активацию защитных белков и изменение транскрипционного профиля. Исследования последних лет показали, что адаптационные механизмы не только обеспечивают выживание клеток в экстремальных условиях, но и формируют основу устойчивости к антимикробным воздействиям. Эта пластичность бактериальной физиологии имеет ключевое значение для санитарномикробиологического контроля, понимания механизмов передачи устойчивости и разработки новых стратегий дезинфекции и терапии.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality [electronic resource]: incorporating first addendum. Vol. 1, Recommendations. – 3 ed. 2013. – 515 pp.
- 2 Гусев М. В., Минеева Л. А., Микробиология, 4-е изд., М.: Академия, 2003. – 464 с.
- 3 Battesti A., Majdalani N., & Gottesman S. The RpoS mediated general stress response in *Escherichia coli*. Annual Review of Microbiology, 2011. – P. 189–213.
- 4 Воробьева А. А. Медицинская микробиология, вирусология и иммунология: Учебник для студентов медицинских вузов. – 3-е изд., испр. – Москва: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2022. – 704 с.
- 5 Battesti, A., Majdalani, N., & Gottesman, S. The RpoS mediated general stress response in *Escherichia coli*. Annual Review of Microbiology, 2011. – P. 189–213.
- 6 Phadtare S. Recent developments in bacterial cold shock response. Current Issues in Molecular Biology, – 13(2), – 2011. – P. 73–82.
- 7 Culham D. E., & Weeks J. W. Osmotic stress and porin regulation in *Escherichia coli*. Journal of Bacteriology, 195(6), 2013. – P. 1178–1186.
- 8 Poole K. Bacterial stress responses as determinants of antimicrobial resistance. Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 67(9), 2012. – P. 2069–2089.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТЕОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА SAIGA TATARICA В КОЛЛЕКЦИЯХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ

ГОЛОДЕНКО В. В.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Сайгак является одним из наиболее древних представителей копытных млекопитающих Евразии и важным элементом мамонтовой фауны. Ископаемые находки были обнаружены в конце среднего плейстоцена на обширном пространстве от Англии на западе до Аляски на востоке. В Азии ареал сайги простирался через территорию Казахстана, долины таких рек, как Иртыш, Енисей, Лена проникая до Новосибирских островов [1, с. 15.]. В отличие от многих крупных животных того периода, таких как хазарский мамонт, шерстистый носорог, сайгак смог пережить глобальные климатические изменения и дожить до наших дней.

Особое значение имеют находки на территории Казахстана, где сайгак был и остается важным представителем степной экосистемы. Здесь фиксируются как древние археозоологические материалы, так и современные популяции этих животных.

Сайга с древних времен считалась одним из доступных промысловых диких млекопитающих для древнего человека. Osteологический материал, обнаруженный в археологических слоях, представляет ценный источник информации. Он позволяет реконструировать численность популяций, ареал распространения, миграционные маршруты и сезонную численность [2, с. 5.]. Цель данной работы – обобщить современные методы исследования остеологического материала сайгака в археозоологических коллекциях и обозначить их информативность и возможности для реконструкции биоэкологических и хозяйственных аспектов прошлого.

В данной работе приведена информация по методам комплексного анализа остеологического материала *Saiga tatarica*, направленную на повышение точности идентификации остатков и интерпретацию их биологического значения.

Кости представленного вида копытного, на археологических памятниках, представлены, преимущественно, изолированными целыми и фрагментами, а именно: роговыми стержнями, элементами черепа и зубов, трубчатыми костями и поясом верхних и нижних

конечностей. Для сопоставления и идентификации остеологического материала использовались зарубежные остеологические атласы и научная литература, содержащие описания морфологических и метрических характеристик костей копытных животных. У каждого обнаруженного фрагмента фиксируется глубина залегания, положение в раскопе и сопутствующий археологический контекст.

Предварительно кости очищаются механическим способом (стеки, кисти с полиэтиленовым коротким ворсом) от грунта. Всему костному материалу присваивается инвентарный номер, который проставляется на кости четко, не нарушая его внешнего вида, в рукописном или печатном виде, или в ином виде с применением современной технологии. В соответствии с шифром производится процесс упаковки во влагозащитные мешки. Температура воздуха устанавливается в пределах в пределах $18 \pm 1^{\circ}\text{C}$, оптимальные условия относительной влажности $50 \pm 1\%$ [3].

Морфологическая и метрическая идентификация костных элементов производится с опорой на сравнительную анатомию. Типовыми ориентирами служили: эпифизы, мыщелки, бугры, гребни; морфология зубных рядов, строение черепа и специфические признаковые комплексы. Описание степени сохранности производится по классификации на 4 уровня. При исследовании рассматриваются признаки обработки (резы, рубящие повреждения), следы горения и остеофагии. Возрастной состав животных определяется по состоянию щечных зубов – смене молочных зубов на постоянные [4] и степени стертости зубов – резцов [5, с. 224], а также по состоянию эпифизов на костях. Идентифицировать пол у единичных изолированных костей остается трудным, поэтому определить можно только по костному элементу черепа на наличие роговых отростков (самец), либо на их отсутствие (самка). Для сопоставления видовой принадлежности остеологического материала должны использоваться фотоматериалы эталонных коллекций животных.

Остеометрические измерения выполняются при помощи цифрового штангенциркуля (точностью до 0,01 мм) и линейки 30 см. Правильность измерений должна быть обусловлена использованием общепринятой методики для каждой группы костей [6]. Все измерения должны производиться, как минимум, дважды для выявления наиболее точных результатов.

Фотографирование изолированных костей и скелетов производится при помощи зеркального фотоаппарата, на выбор

исследователя, позволяющие получать изображения высокого качества. В кадре, на нейтральном фоне, кость фиксируется в стандартных позициях. Для того чтобы корректно определить размеры исследуемого материала используется масштабный ориентир в одной плоскости с объектом съемки. При необходимости применяется макросъемка для регистрации мелких диагностических особенностей.

Все данные необходимо внести в электронную базу для дальнейшего анализа, сравнения и статистической обработки.

Комплексный анализ остеологического материала трудоемкая задача, поскольку включает использование множества методов для наиболее точной диагностики и интерпретаций. Оценка применяемых методов показала, что каждый из них обладает своими преимуществами, ограничениями и практической значимостью для научно-прикладных направлений. Характеристика методов применимыми для исследования остеологического материала представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика методов исследования остеологического материала сайги

Метод	Что показывает		Практическая ценность
	Преимущества	Недостатки	
Морфологический анализ	Первичную диагностику видовой принадлежности даже при фрагментированной сохранности материала. Его основным преимуществом является возможность быстрого анализа и широкая применимость в археозоологических и палеонтологических исследованиях	Субъективность интерпретации признаков и зависимость от опыта исследователя могут снижать точность определения, особенно при наличии сходных морфологических характеристик у родственных видов	Метод используется для систематических, сравнительно-анатомических и музейных целей

Сравнительный анализ	Возможность точной видовой диагностики, выявления эволюционных изменений, а также оценка морфологических различий	Ограниченность доступных эталонных коллекций	Существенно повышает вероятность правильного определения костных остатков сайги особенно при фрагментированной сохранности материала
Трасология	Возможность реконструкции процессов разделки туш, способов использования туш сайги и технологических приемов	Сложность интерпретации следов, особенно при наличии постдепозиционных повреждений	Значимость анализа высока для археологии, экспериментальной археологии и изучения древних технологий
Остеометрия	Метод обеспечивает количественную оценку морфологических признаков и позволяет проводить статистический анализ полученных данных	Зависимость от степени сохранности костей и невозможность применения при сильной фрагментации образцов	Широко используется в популяционной биологии, антропологии и палеоэкологии для выявления динамики размеров животных и адаптационных изменений
Генетический анализ	Определение вида по мелким осколкам костей	Высокая стоимость, потребность в спецлабораториях и NGS-секвенаторах	Метод позволяет отличить кость сайги от других мелких парнокопытных животных

Комплексный анализ остеологического материала Saiga tatarica демонстрирует, что наиболее точная информация достигается за счет интеграции классических и высокотехнологичных методологий.

В археологическом контексте, присутствие костных останков сайги является ключевым индикатором для реконструкции палеоэкономических моделей степных экосистем. Сайга не только обеспечивала население источником мяса и дериватов (рогов, шкур), но и выступала в качестве биомаркера сезонных миграций, что позволяет уточнить хронологию использования пастбищных угодий в различный исторический период.

Традиционные подходы сталкиваются с рядом ограничений: высокая степень фрагментации археологического остеологического материала часто препятствует проведению полноценного морфологического анализа. Кроме того, дефицит остеологических

атласов диких копытных затрудняет дифференциацию костей сайги от морфологически близких видов (косуля, архар, мелкий рогатый скот и других).

В настоящее время перспективным направлением в области изучения остеокomплекса являются междисциплинарные подходы. К примеру, применение генетического анализа позволяет достичь высокую точность в определении вида животного, а изотопный анализ (на основе анализа углерода) открывают возможность для точного моделирования миграционных путей и изучения палеодиеты популяций [7].

Комплексное исследование остеологического материала сайгаков показывает, что каждый из используемых методов: от классической морфометрии до высокотехнологичного генетического и изотопного анализа имеет свои специфические преимущества и ограничения. Несмотря на высокую стоимость и риск деградации образцов, интеграция этих подходов позволяет преодолеть проблему сильной фрагментации костей и нехватку эталонных коллекций. Вместе они обеспечивают переход от простой идентификации видов к глубокой биологической интерпретации, позволяя реконструировать генетическую историю популяций, их адаптивные реакции на изменение климата и эволюционную динамику видов в контексте степных экосистем.

Для биологических наук анализ образцов сайгаков из археологических комплексов предлагает уникальный инструмент для понимания долгосрочной жизнеспособности вида. Полученная информация выходит далеко за рамки определения таксономической принадлежности: она предоставляет данные о древних миграционных путях, палеолите, половой и возрастной структуре стад и палеопатологиях. Это превращает остеологический материал в ценный биоархив, позволяющий реконструировать не только экологическую нишу сайги в антропогенном ландшафте прошлого, но и использовать эти ретроспективные данные для разработки современных стратегий для стабильного уровня численности дикого парнокопытного.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Фадеев В.А. Сайгак в Казахстане (Экология, хоз. значение) / В. А. Фадеев, А. А. Слудский. – Алма-Ата : Наука, 1982. – 160 с.
- 2 Тлеубердина П. А., Кожамкулова Б. С. Исторический ареал евразийской сайги (*saiga tatarica* L.) в Казахстане // Аридные

экосистемы, – 2009. – №39. – С. 5–12. <https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskiy-areal-evraziyskoy-saygi-saiga-tatarica-l-v-kazahstane>

3 О культуре : Закон Республики Казахстан от 15 декабря 2006 года № 207-III. – Текст : электронный // Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан «Әділет». пп. 35–15 ст. 7. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z060000207>

4 Silver, I.A. The ageing of domestic animals. In: Science in archaeology: A survey of progress and research / New York: Praeger Publishing. 1970 – PP. 283–302.

5 Клевезаль Г.А., Регистрирующие структуры млекопитающих в зоологических исследованиях. М. : Наука. – 1988. – 285 с.

6 Driesch A.V. A Guide to the measurement of animal bones from archeological sites // Preabody Museum of Archeology and Ethnology Harvard University. –1976. – Bulletin 1. – 136 p.

7 Ульянов В. Генетическая структура и варибельность генома сайгака (*saiga tatarica tatarica*). – 2025. – т. 2, вып. 3(80). – С. 199–211.

ЖАК/STAT В ПАТОГЕНЕЗЕ ПСОРИАЗА: ОТ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ К ТЕРАПИИ

ДАИРОВ А. К.

научный сотрудник, лаборатория стволовых клеток,
Национальный центр биотехнологии, г. Астана
докторант, кафедра общей биологии и геномики, Евразийский
национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана

Псориаз – это хроническое аутоиммунное заболевание кожи, которым страдают около 125 миллионов человек во всём мире [1, 2]. Псориаз наиболее часто поражает область локтей, коленей и поясницы, тогда как реже вовлекаются кожа головы, половые органы, ладони, подошвы стоп, кожные складки и ногти [3]. У 20% пациентов наряду с кожными проявлениями, также поражаются и суставы [4]. Для псориаза характерны гиперпролиферация кератиноцитов и инфильтрация Т-клеток, дендритных клеток, макрофагов и нейтрофилов в поражённые участки кожи [5]. Этиопатогенез псориаза окончательно не изучен, однако получены данные, указывающие на вовлечённость генетических, иммунологических и экологических факторов [3, 5]. Псориаз регулируется сложным взаимодействием между внеклеточными цитокиновыми каскадами и внутриклеточными сигнальными путями. Различные цитокины

передают внеклеточные сигналы к клеточной мембране, где распознаются соответствующими рецепторами, что приводит к активации внутриклеточных сигнальных путей и формировании воспалительного сигнального каскада [6]. Понимание молекулярных механизмов, лежащих в основе нарушений внутриклеточной сигнализации, имеет ключевое значение для разработки новых методов таргетной терапии псориаза.

Цель исследования: Обобщить современные данные о молекулярных механизмах внутриклеточного сигнального пути JAK/STAT и оценить терапевтический потенциал JAK-ингибиторов при псориазе.

Материалы и методы исследования: Поиск публикаций, релевантных цели исследования, за период 2020-2025 гг. проводился в базе данных PubMed (Medline).

Результаты исследования: Описано множество внутриклеточных сигнальных путей, нарушение регуляции которых способствует развитию псориаза, включая: JAK-STAT, NF- κ B, MAPK, TYK2, PI3K/AKT, PDE-4, S1P, A3AR, Hippo-YAP, Activin/Smad3, PI3K/AKT/mTOR и PI3K/AKT/GLUT1 [2, 6-10].

Сигнальный путь JAK/STAT (Janus kinase/signal transducer and activator of transcription) открыт более 25 лет назад и является эволюционно консервативным сигнальным путем, активируемым множеством факторов роста и цитокинов. Он регулирует жизненно важные клеточные процессы, включая гемопоэз, поддержание иммунной функции, восстановление тканей, воспаление, апоптоз и адипогенез [11, 12]. В сигнальном пути JAK/STAT выявлено более 50 цитокинов и факторов роста, включая гормоны, интерфероны (IFN), интерлейкины (IL) и колониестимулирующие факторы [11]. Множество генетических вариантов приводят к потере или усилению функции генов, или доминантно-негативным эффектам, нарушающим сигнализацию JAK/STAT, что ведет к росту числа заболеваний, включая различные виды рака и аутоиммунные воспалительные заболевания [11, 12]. Провоспалительные цитокины IL-17, IL-22, IL-23 и фактор некроза опухоли альфа (TNF- α) играют ключевую роль в развитии псориаза [13]. В цитокиновой оси IL-23/IL-17 сигнальный путь JAK/STAT регулирует внутриклеточную сигнализацию нескольких цитокинов, включая IL-12, IL-23, IL-22, IL-6, IL-17 и IFN- γ [14].

Семейство JAK (Janus kinase) – это нерецепторные тирозинкиназы, состоящее из четырех изоформ белка JAK: JAK1, JAK2, JAK3 и TYK2

(tyrosine kinase 2), которые связываются с цитоплазматическими доменами рецепторов цитокинов [4, 13, 15]. Семейство белков STAT (signal transducer and activator of transcription), являющихся внутриклеточными факторами транскрипции, включает семь членов: STAT1, STAT2, STAT3, STAT4, STAT5A, STAT5B и STAT6 [16, 17]. Когда рецептор на поверхности кератиноцитов или клеток Лангерганса связывается со специфическим цитокином, внутриклеточные JAK рекрутируются и соединяются парами с внутриклеточной частью рецепторов цитокинов, после чего происходит их активация. Димеризация JAK приводит к образованию гетеродимеров, аутофосфорилированию и привлечению белка STAT. Далее активированные белки STAT димеризуются и перемещаются в ядро клетки, где регулируют транскрипцию различных цитокинов, включая провоспалительные цитокины, играющих важную роль в патогенезе псориаза [13, 15]. Поскольку ингибирование JAK блокирует сигнальный путь JAK/STAT и транскрипцию генов, это снижает продукцию провоспалительных цитокинов и уменьшает воспаление при псориазе. В связи с этим, сигнальный путь JAK/STAT рассматривается как ключевой участник патогенеза заболевания [13].

Ингибиторы JAK (JAK-ингибиторы) – это молекулы, воздействующие на сигнальный путь JAK/STAT через блокирование транскрипции генов провоспалительных цитокинов [15]. JAK-ингибиторы обладают способностью проникать через клеточную мембрану, благодаря чему действуют на внутриклеточном уровне и не требуют метаболической активации. Они могут применяться перорально, трансдермально или трансмукозально, что улучшает их переносимость пациентами и расширяет спектр показаний. Управлением по контролю за продуктами и лекарствами США (Food and Drug Administration, FDA) и Европейским агентством по лекарственным средствам (European Medicines Agency, EMA) для лечения бляшечного псориаза средней и тяжелой степени одобрен пероральный селективный ингибитор TYK2 дюкраватиниб (deucravacitinib), а для лечения псориатического артрита пероральные JAK-ингибиторы – тофациитиниб (tofacitinib) и упадацитиниб (upadacitinib) [4]. Продолжаются клинические испытания селективного ингибитора TYK2 ропсациитиниба (ropsacitinib) и ингибитора JAK1/TYK2 брепоцитиниба (brepocitinib) у взрослых пациентов с бляшечным псориазом средней и тяжелой степени [14]. Таким образом, JAK-ингибиторы представляют собой новый класс перспективных молекул в лечении псориаза [4, 13].

Выводы: Анализ литературных данных показывает, что внутриклеточный сигнальный путь JAK/STAT играет значимую роль в патогенезе псориаза, а ингибиторы JAK обладают выраженным терапевтическим потенциалом и рассматриваются как перспективное направление в лечении заболевания.

Финансирование: Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан по грантовому проекту AP13068269 «Изучение терапевтического эффекта экзосом цитокин-прекондиционированных мезенхимальных стволовых клеток на модели псориаза у мышей».

ЛИТЕРАТУРА

1 Dairov A., Issabekova A., Sekenova A., Shakhatbayev M., Ogay V. Prevalence, incidence, gender and age distribution, and economic burden of psoriasis worldwide and in Kazakhstan // *Journal of Clinical Medicine of Kazakhstan*. 2024. Vol. 21, Issue 2. P. 18-30.

2 Tomar Y., Gorantla S., Singhvi G. Insight into the pivotal role of signaling pathways in psoriasis pathogenesis, potential therapeutic molecules and drug delivery approaches // *Drug Discovery Today*. 2023. Vol. 28, Issue 2. Article number: 103465.

3 Lupulescu A.M., Savu A.P., Bucur Ș., Șerban E.D., Popescu S., Constantin M.M. Hard-to-treat areas in psoriasis: an underevaluated part of the disease // *Life*. 2025. Vol. 15, Issue 3. Article number: 425.

4 Furtunescu A.R., S.R. Georgescu, Tampa M., Matei C. Inhibition of the JAK-STAT pathway in the treatment of psoriasis: a review of the literature // *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, Issue 9. Article number: 4681.

5 Dairov A., Sekenova A., Alimbek S., Nurkina A., Shakhatbayev M., Kumasheva V., et al. Psoriasis: The versatility of mesenchymal stem cell and exosome therapies // *Biomolecules*. 2024. Vol. 14, Issue 11. Article number: 1351.

6 Guo J., Zhang H., Lin W., Lu L., Su J., Chen X. Signaling pathways and targeted therapies for psoriasis // *Signal Transduction and Targeted Therapy*. 2023. Vol. 8, Issue 1. Article number: 437.

7 Huang C., Li W., Shen C., Jiang B., Zhang K., Li X., et al. YAP1 facilitates the pathogenesis of psoriasis via modulating keratinocyte proliferation and inflammation // *Cell Death and Disease*. 2025. Vol. 16. Article number: 186.

8 Gauthier T., Lim Y.J., Jin W., Liu N., Patiño L.C., Chen W., et al. Activin A activation of Smad3 mitigates innate inflammation in mouse models of psoriasis and sepsis // *Journal of Clinical Investigation*. 2025. Vol. 135, Issue 9. Article number: e187063.

9 Joo K., Karsulovic C., Sore M., Hojman L. Pivotal role of mTOR in non-skin manifestations of psoriasis // *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, Issue 12. Article number: 6778.

10 Ma J., Wang F., Wang L., Wang Y., Wu D., Jiang W., et al. Inhibition of PI3K/AKT/GLUT1 signaling pathway by quercetin in the treatment of psoriasis // *Frontiers in Bioscience-Landmark*. 2025. Vol. 30, Issue 2. Article number: 26884.

11 Hu X., Li J., Fu M., Zhao X., Wang W. The JAK/STAT signaling pathway: from bench to clinic // *Signal Transduction and Targeted Therapy*. 2021. Vol. 6, Issue 1. Article number: 402.

12 Samra S., Bergerson J.R.E., Freeman A.F., Turvey S.E. JAK-STAT signaling pathway, immunodeficiency, inflammation, immune dysregulation, and inborn errors of immunity // *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2025. Vol. 155, Issue 2. P. 357-367.

13 Cornaghi L., Gagliano N., Baruffaldi Preis F.W., Prignano F., Donetti E. Inside-out and outside-in organotypic normal human skin culture: JAK-STAT pathway is activated after pro-inflammatory psoriatic cytokine exposure // *Tissue and Cell*. 2022. Vol. 74. Article number: 101675.

14 Loo W.J., Turchin I., Prajapati V.H., Gooderham M.J., Grewal P., Hong C.H., et al. Clinical implications of targeting the JAK-STAT pathway in psoriatic disease: emphasis on the TYK2 pathway // *Journal of Cutaneous Medicine and Surgery*. 2023. Vol. 27, Suppl. 1. P. 3S-24S.

15 Śluczawska-Głąbowska S., Ziegler-Krawczyk A., Szumilas K., Pawlik A. Role of Janus kinase inhibitors in therapy of psoriasis // *Journal of Clinical Medicine*. 2021. Vol. 10, Issue 19. Article number: 4307.

16 Awasthi N., Liongue C., Ward A.C. STAT proteins: a kaleidoscope of canonical and non-canonical functions in immunity and cancer // *Journal of Hematology and Oncology*. 2021. Vol. 14, Issue 1. Article number: 198.

17 Hu Q., Bian Q., Rong D., Wang L., Song J., Huang H.S., et al. JAK/STAT pathway: Extracellular signals, diseases, immunity, and therapeutic regimens // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2023. Vol. 11. Article number: 1110765.

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ МАРКЕРЫ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК

ДАИРОВ А. К.

научный сотрудник, лаборатория стволовых клеток,
Национальный центр биотехнологии, г. Астана
докторант PhD, Институт естественных наук, кафедра общей биологии и
геномики, Евразийский национальный университет
имени Л. Н. Гумилёва, г. Астана

Мезенхимальные стволовые или стромальные клетки (МСК) широко известны в регенеративной медицине благодаря своей способности к самообновлению, иммуномодулирующим свойствам и потенциалу многолинейной дифференцировки, включая в остеобласты, адипоциты, хондробласты, а при определённых условиях в нервные клетки, миоциты и эпидермальные клетки [1, 2]. В организме МСК способствуют восстановлению тканей и иммуномодуляции, благодаря секреции цитокинов, хемокинов и факторов роста [2, 3]. В настоящее время МСК являются наиболее распространённым типом клеток в регенеративной медицине, находя применение в терапии различных патологий, включая заболевания костей и хрящей, ишемию миокарда, диабет и неврологические расстройства [4]. Как в доклинических исследованиях *in vitro* и *in vivo*, так и в условиях клинического применения, одной из важнейших задач является точная идентификация и характеристика используемой культуры МСК. На сегодняшний день, для определения МСК используют тесты по адгезии к пластику, экспрессии маркеров клеточной поверхности, а также потенциалу МСК к многолинейной дифференцировке *in vitro* [2]. В настоящем обзоре обобщены основные положительные и отрицательные маркеры клеточной поверхности МСК, применяемые для их идентификации.

Цель исследования: Обобщить литературные данные о положительных и отрицательных поверхностных маркерах мезенхимальных стволовых клеток, используемых для их идентификации.

Материалы и методы исследования: Поиск полнотекстовых англоязычных экспериментальных статей с открытым доступом, релевантных цели настоящего исследования и опубликованных за последние пять лет (2021–2026 гг.), осуществлялся в базе данных

PubMed (MEDLINE) с использованием комбинаций ключевых слов и фраз: «cell surface marker», «mesenchymal stem cell», «mesenchymal stromal cell», «expression», «exosome», а также булевых операторов AND, OR и NOT.

Результаты исследования: В исследовании Moldaschl и соавторов (2026) проведено иммунофенотипирование культуры МСК, выделенной из аспирата костного мозга здорового 12-летнего донора мужского пола (juvMSC). Для этой цели использовался набор для анализа экспрессии поверхностных антигенов специфичных для МСК – BD Stemflow™ Human MSC Analysis Kit (BD Biosciences, США). Идентификация juvMSC подтверждена проточной цитометрией, которая показала положительную экспрессию поверхностных антигенных маркеров CD73+, CD90+ и CD105+, и отсутствие экспрессии отрицательных маркеров гемопоэтических линии CD34–, CD45–, CD11b–, CD19– и HLA-DR– [1].

Hashemi Motahar и соавторы (2025) выделение первичной культуры МСК осуществляли из жировой ткани человека полученной из субэпидермального жира (AD-MSCs), одного из легкодоступных и ценных источников МСК, характеризующегося высоким выходом клеток. Клетки, собранные из культуры третьего пассажа, были подвергнуты проточной цитометрии для оценки экспрессии клеточных поверхностных маркеров CD34, CD45, CD73, CD105 и CD90. По результатам проведённого анализа установлено, что более 90% клеток AD-MSCs экспрессируют маркеры МСК CD105+, CD90+ и CD73+ и не экспрессируют гемопоэтические маркеры CD45– и CD34– [5].

В другом исследовании, Skoniecka и соавторы (2026) также использовали в своем исследовании культуру AD-MSCs, которая была выделена из подкожной жировой ткани. Фенотипическое подтверждение AD-MSCs осуществлялось на втором пассаже методом проточной цитометрии на проточном цитометре Cytotflex (Beckman Coulter). Клетки были окрашены широким спектром флуоресцентно меченых антител, включая: HLA-DR, CD31, CD29, CXCR7, CD73, CD49d, CD166, CD14, CD13, CD10, CD105, CXCR4, CD34, CD26, CD19, CD44, CD90, CD73 и CD45. Иммунофенотипический анализ AD-MSCs показал характерный для МСК профиль поверхностных маркеров. AD-MSCs высоко экспрессировали CD73+ (96,13%), CD13+ (99,09%), CD105+ (97,31%), CD90+ (99,70%), CD26+ (91,59%), CD44+ (95,94%) и CD29+ (79,35%); слабо экспрессировали CD34+ (67,76%), CD49d+ (53,36%), CD10+ (28,37%), и CXCR4+ (16,56%);

при этом не экспрессировали CD31– (1,52%), CD14– (0,78%), CD19– (1,19%), CD45– (0,60%), HLA-DR– (1,19%), CXCR7– (0,35%) и CD166– (2,52%) [3].

В исследовании Li и соавторов (2026) использовалась первичная культура МСК, выделенная из пуповины здоровых доношенных новорожденных (hUC-MSCs). Анализ поверхностных антигенов с помощью проточной цитометрии показал, что hUC-MSCs были положительны по экспрессии CD73+, CD90+ и CD105+, и отрицательными по маркерам CD11b–, CD19–, CD45–, CD34– и HLA-DR– [6].

Ma и соавторы (2026) для фенотипической идентификации hUC-MSCs методом проточной цитометрии использовали следующие антитела: CD29, CD44, CD73, CD105, CD45 и CD271. Результаты анализа показали, что клетки характеризуются положительной экспрессией поверхностных маркеров CD29+ (99%), CD44+ (99,1%), CD73+ (99,2%) и CD105+ (87%) и отрицательной экспрессией CD45– (2,18%) и CD271– (2,13%). Эти данные подтверждают, что hUC-MSCs соответствуют фенотипическим характеристикам МСК [7].

В другом исследовании von Fournier и соавторы (2025) проводили фенотипическую характеристику МСК, выделенных из вертлужной впадины пациентов перенёвших тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава. Методом проточной цитометрии культура МСК была оценена на наличие характерных поверхностных антигенов, которая показала положительную экспрессию CD73+, CD90+ и CD105+ и отсутствие экспрессии гемопоэтических маркеров CD31–, CD34– и CD45– [8].

Zhang и соавторы (2025) успешно выделили МСК из здоровых третьих моляров здоровых доноров (hDPSCs, human dental pulp stem cells), которые были охарактеризованы с помощью проточной цитометрии на основе характерных для МСК поверхностных маркеров, включая CD44, CD29, CD90 и CD105. В качестве отрицательных маркеров использовались гемопоэтические маркеры CD34 и CD45 (BioLegend, США). В результате проведённого анализа, культура hDPSC демонстрировала характерный для МСК фенотип с высокой экспрессией CD44+ (99,8%), CD29+ (98,6%), CD90+ (98,5%) и CD105+ (97,3%). При этом, минимальная экспрессия наблюдалась для гемопоэтических маркеров CD34– (2,56%) и CD45– (2,63%) [9].

В таблице 1 приведены основные положительные и отрицательные поверхностные маркеры мезенхимальных стволовых клеток

Положительные маркеры	Отрицательные маркеры	Литература
CD73, CD90, CD105, CD13, CD26, CD44, CD29	CD34, CD45, CD11b, CD19, HLA-DR, CD31, CD14, CXCR7, CD166, CD271	[1, 3, 5-9]

Как видно из таблицы 1, МСК положительно по маркерам CD73, CD90, CD105, CD13, CD26, CD44 и CD29, и отрицательны по маркерам CD34, CD45, CD11b, CD19, HLA-DR, CD31, CD14, CXCR7, CD166 и CD271. Эти данные согласуются с минимальными критериями для идентификации МСК человека, предложенными Комитетом по мезенхимальным и тканевым стволовым клеткам Международного общества клеточной терапии (Mesenchymal and Tissue Stem Cell Committee of the International Society for Cellular Therapy), согласно которым МСК должны быть адгезивными к пластику при культивировании в стандартных условиях, сохранять способность дифференцироваться в остеобласты, адипоциты и хондробласты в условиях *in vitro*, и наконец экспрессировать поверхностные маркеры CD105, CD73 и CD90, и не экспрессировать CD45, CD34, CD14, CD11b, CD79α, CD19 и HLA-DR [10].

Выводы: Анализ литературных данных позволил выявить основные положительные (CD73, CD90, CD105, CD13, CD26, CD44, CD29) и отрицательные (CD34, CD45, CD11b, CD19, HLA-DR, CD31, CD14, CXCR7, CD166, CD271) маркеры поверхностной экспрессии МСК, наиболее часто используемые для их идентификации.

Финансирование: Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан по грантовому проекту AP13068269 «Изучение терапевтического эффекта экзосом цитокин-прекондиционированных мезенхимальных стволовых клеток на модели псориаза у мышей».

ЛИТЕРАТУРА

1 Moldaschl J., Danilchenko S., Sagar I., Brandt V.P., Holland H., Handschuh S., et al. Establishment and characterization of a human juvenile bone marrow-derived mesenchymal stem/stromal cell line under advanced culture conditions for osteogenic differentiation // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2026. Vol. 13. Article number: 1719466.

2 Santoro A., Grimaldi M., Marino A., Napolitano E., Buonocore M., D'Ursi A.M. Cell surface markers of mesenchymal stem cells: Current knowledge and advances in characterization technologies // *Life*. 2025. Vol. 16, Issue 1. Article number: 10.

3 Skoniecka A., Słonińska P., Tymińska A., Czerwicz K., Deptuła M., Zawrzykraj M., et al. Impact of neoadjuvant chemotherapy on the functionality of adipose-derived mesenchymal stromal cells and their modulatory effects on fibroblasts in oncology patients // *Scientific Reports*. 2026. Vol. 16, Issue 1. Article number: 8614.

4 Dairov A., Sekenova A., Alimbek S., Nurkina A., Shakhmatbayev M., Kumasheva V., et al. Psoriasis: The versatility of mesenchymal stem cell and exosome therapies // *Biomolecules*. 2024. Vol. 14, Issue 11. Article number: 1351.

5 Hashemi Motahar H.S., Tajbakhsh M., Tavassoli M., Bonakdar S., Sadeghi M.R. Cell-imprinted substrates as biomimetic platforms for osteoarthritis modeling with mesenchymal stem cells // *Bioimpacts*. 2025. Vol. 15. Article number: 32628.

6 Li X., Chen Y., Cai J., Huang Y., Chen X., Yu M., et al. Evaluation of 3D biomimetic microcarriers for enhancing therapeutic efficacy of human umbilical cord mesenchymal stem cells in psoriasis treatment // *Frontiers in Immunology*. 2026. Vol. 17. Article number: 1687424.

7 Ma P., Chen H., Zhao J., Zheng J., Gao H. LncRNA TUG1 promotes osteogenic differentiation of human umbilical cord mesenchymal stem cells by regulating miR-138/SIRT1 axis // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2026. Vol. 21, Issue 1. Article number: 112.

8 von Fournier A., Ehret Kasemo T., Goncalves M., Hackenberg S., Herrmann M., Schmidt M., et al. The influence of cisplatin on functionality and surface characteristics of mesenchymal stromal cells in vitro // *International Journal of Molecular Sciences*. 2025. Vol. 27, Issue 1. Article number: 76.

9 Zhang J., Liu Y., Hoshika S., Kawamoto C., Sano H., Tomokiyo A. et al. POs-Ca drives osteogenic differentiation of human dental pulp stem cells via AMPK-dependent autophagy activation and reciprocal calcium-autophagy crosstalk // *Stem Cells International*. 2025. Vol. 2025. Article number: 6150093.

10 Dominici M., Le Blanc K., Mueller I., Slaper-Cortenbach I., Marini F., Krause D., et al. Minimal criteria for defining multipotent mesenchymal stromal cells. The International Society for Cellular Therapy position statement // *Cytotherapy*. 2006. Vol. 8, Issue 4. P. 315-317.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ МАРКЕРЫ ЭКЗОСОМ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК

ДАИРОВ А. К.

научный сотрудник, лаборатория стволовых клеток,
Национальный центр биотехнологии, г. Астана
докторант, Институт естественных наук, кафедра общей биологии и
геномики, Евразийский национальный университет
имени Л. Н. Гумилёва, г. Астана, dairov@biocenter.kz

В последние годы мезенхимальные стволовые клетки (МСК) и их секретируемые экзосомы (МСК-экзо) достигли прорывных результатов в области регенеративной медицины, благодаря регуляции иммунитета, противовоспалительным свойствам, стимуляции ангиогенеза и восстановлению тканей [1]. Более того, МСК-экзо приобретают всё большее признание в качестве перспективных терапевтических средств для лечения рака благодаря своей способности модулировать биологию опухолевых клеток [2]. Регенеративные и иммуномодулирующие свойства МСК достигаются не только за счёт дифференцировки МСК в другие типы клеток, но и частично через их секретом [3, 4]. Секретом МСК включает растворимые факторы (цитокины, хемокины, факторы роста, гормоны, ферменты), матричные белки и внеклеточные везикулы. Внеклеточные везикулы представляют собой мембранно-связанные везикулы, такие как экзосомы (МСК-экзо), микровезикулы и апоптотические тельца [4]. МСК-экзо – это чашеобразные липидные двухслойные внеклеточные везикулы диаметром от 30 до 200 нанометров (нм), функция которых заключается в доставке различных биологически активных компонентов (нуклеиновые кислоты, белки, липиды), участие в межклеточной коммуникации, и модулирование биологических реакций в клетках-реципиентах [3]. На сегодняшний день, для характеристики внеклеточных везикул, включая МСК-экзо, используют различные методы, включая анализ отслеживания наночастиц (НТА), трансмиссионную электронную микроскопию (ТЭМ), проточную цитометрию и вестерн-блоттинг, которые позволяют определить их размер, концентрацию, морфологию и поверхностные маркеры [1, 4]. В настоящем обзоре обобщены основные поверхностные маркеры МСК-экзо, используемые для их идентификации.

Цель исследования: Провести анализ литературных данных для определения основных поверхностных маркеров экзосом мезенхимальных стволовых клеток используемых для их идентификации.

Материалы и методы исследования: Поиск полнотекстовых экспериментальных статей с открытым доступом, релевантных цели настоящего исследования и опубликованных за последние три года (2023-2026 гг.), осуществлялся в базе данных PubMed (MEDLINE) с использованием комбинаций ключевых слов и фраз: «mesenchymal stem cell», «mesenchymal stromal cell», «exosome», «surface marker», а также булевых операторов AND и OR.

Результаты исследования: Grogan и соавторы (2026) изучали секретом МСК из двух различных источников: МСК, выделенные из человеческих эмбриональных стволовых клеток (ES-MSK), и МСК выделенные из инфрапателлярной жировой подушки (IPFP-MSK). В обоих случаях идентификация экзосомальных внеклеточных везикул (EVs) проводилась методом иммунозахвата с последующим проточно-цитометрическим анализом. В качестве маркеров характерных для экзосом использовались мембранные белки из семейства тетраспанинов CD9, CD63 и CD81. Проточная цитометрия подтвердила наличие специфических экзосомальных поверхностных молекул (CD9, CD63, CD81) в EVs, выделенных из ES-MSK, а также наличие CD63 в EVs, выделенных из IPFP-MSK [4].

Liu и соавторы (2026) выделяли МСК-экзо из супернатанта, полученного при культивировании МСК пуповины человека (hUC-MSK) в условиях гипоксии (5% O₂). Выделенные МСК-экзо были охарактеризованы вестерн-блоттингом, который показал экспрессию характерного для экзосом белка ALIX (молекулярная масса 96 кДа). Далее, с помощью проточной цитометрии в образцах МСК-экзо были обнаружены поверхностные маркеры экзосом CD9, CD63 и CD81 [1].

Ванерҗее А. и соавторы (2026) изучали терапевтический потенциал МСК-экзо, загруженных химиотерапевтическим препаратом паклитаксел (paclitaxel) при лечении рака поджелудочной железы. МСК-экзо были выделены из культуральной среды методом дифференциального ультрацентрифугирования и тангенциальной фильтрации. Подтверждение успешности выделения осуществляли проточной цитометрией путём оценки экспрессии экзосомальных маркеров CD63 и CD81. Для подтверждения мезенхимального происхождения МСК-экзо дополнительно оценивали экспрессию специфического маркера МСК – CD90 [5].

Wang F. и соавторы (2026) изучали эффективность модифицированных экзосом, выделенных из hUC-MSK, при лечении фиброза печени. В данном исследовании, экзосомы были выделены из hUC-MSK с использованием набора для экстракции и очистки экзосом (Umibio, Китай). Выделенные МСК-экзо были охарактеризованы различными методами, включая ТЭМ, анализ NTA и вестерн-блоттинг. Результаты вестерн-блоттинга подтвердили экспрессию экзосомальных маркеров CD81, CD63 и белка TSG101 (tumor susceptibility gene 101 protein) в образцах МСК-экзо [6].

Ababneh и соавторы (2025) изучали влияние экзосом, выделенных из индуцированных МСК (iMSC-Exos) и МСК костного мозга (BMSC-Exos) на раковые клеточные линии поджелудочной железы (PANC1) и молочной железы (MDA-MB-231). Для характеристики поверхностных маркеров iMSC-Exos и BMSC-Exos проводилась оценка экспрессии экзосомальных маркеров методом проточной цитометрии на проточном цитометре BD FACS Canto II (BD Biosciences, США). Для этого образцы экзосом инкубировали с антителами, конъюгированными с флуорофорами, специфических к тетраспаниновым маркерам CD9, CD81 и CD63, приобретёнными у BD Biosciences (США). В результате проведённого анализа были выявлены различия в уровнях экспрессии данных поверхностных маркеров между двумя популяциями экзосом. Примечательно, что уровень экспрессии CD9 был значительно выше по сравнению с CD81 и CD63 в обеих группах экзосом. Средние значения для iMSC-Exos составили: CD9 – 98%, CD81 – 81% и CD63 – 56%; для BMSC-Exos: CD9 – 100%, CD81 – 83% и CD63 – 63% [2].

Sang et al. также изучали иммуномодулирующие свойства экзосом, выделенных из МСК костного мозга (B-exos), в частности их влияние на функцию и созревание дендритных клеток. B-exos были получены из супернатанта МСК костного мозга (BMSC) методом дифференциального ультрацентрифугирования и далее охарактеризованы с использованием электронной микроскопии, NTA и вестерн-блоттингом. Результаты вестерн-блоттинга показали повышенную экспрессию экзосомальных маркеров CD63 (молекулярная масса 26 кДа), CD9 (молекулярная масса 25 кДа), CD81 (молекулярная масса 26 кДа) и TSG101 (молекулярная масса 45 кДа) в белковых лизатах экзосом [7].

Xu et al. изучали влияние гидрогеля, нагруженного экзосомами МСК, выделенных из Вартонова студня пупочного канатика (WEX), на заживление ран. В данном исследовании морфология и размер

выделенных экзосом (WEX) были охарактеризованы методами ТЭМ, NTA и вестерн-блоттингом. В частности, результаты вестерн-блоттинга продемонстрировали экспрессию экзосомальных маркеров CD9 и CD81, что подтвердило успешность выделения экзосом [8].

Li et al. изучали возможности использования экзосом, выделенных из МСК пуповины человека (hUCMSCs-Exos), для создания клеточной тканеинженерной костной ткани и восстановления дефектов костей. hUCMSCs-Exos были выделены методом дифференциального ультрацентрифугирования, а их идентификация проводилась с использованием анализа NTA и вестерн-блоттингом. В качестве первичных антител для идентификации экзосом использовали TSG101, белок ALIX (programmed cell death 6-interacting protein) и Calreticulin. Результаты вестерн-блоттинга показали, что hUCMSCs-Exos экспрессировали положительные экзосомальные маркеры TSG101 и ALIX, и не экспрессировали отрицательный маркер Calreticulin [9].

На рисунке 1 представлен состав секретомы МСК и основные поверхностные маркеры экзосом, используемые для их идентификации, определённые на основе анализа литературных данных.

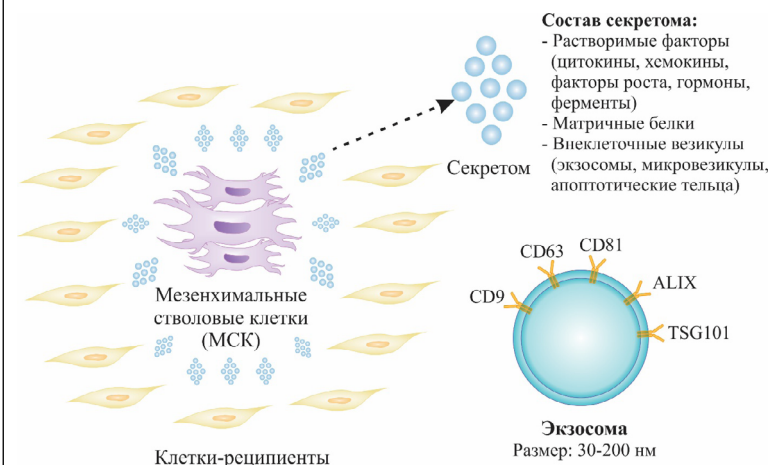


Рисунок 1 – Состав секретомы мезенхимальных стволовых клеток и основных поверхностных маркеров экзосом (автор иллюстрации: Даиров А.К. Иллюстрация составлена на основе литературных данных [1-11])

Таким образом, анализ литературных данных позволил определить перечень поверхностных маркеров, используемых для идентификации МСК-экзо, к которым относятся белки семейства тетраспанинов (CD9, CD81 и CD63), а также белки ALIX и TSG101. Полученные данные соответствуют Минимальным требованиям к изучению внеклеточных везикул (MISEV), разработанным Международным обществом по внеклеточным везикулам (ISEV), которое рекомендует оценивать наличие перечисленных маркеров в образцах МСК-экзо [10, 11].

Выводы: Анализ литературных данных позволил определить основные поверхностные маркеры экзосом мезенхимальных стволовых клеток, используемые для их идентификации, включая белки семейства тетраспанинов (CD9, CD81, CD63), а также белки ALIX и TSG101.

Финансирование: Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан по грантовому проекту AP13068269 «Изучение терапевтического эффекта экзосом цитокин-прекондиционированных мезенхимальных стволовых клеток на модели псориаса у мышей».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Liu Y., Yu W., Wang G., Liu H. Gelatin sponge loaded with hypoxic human umbilical cord mesenchymal stem cell exosomes promotes healing of enterocutaneous fistula // Cell Transplantation. 2026. Vol. 35. Article number: 9636897261427905.
- 2 Ababneh N.A., Nashwan S., AlDiqs R., Ismail M.A., Abdulleh A.A., Abu-Humaidan A.H.A., et al. Cancer cell-dependent increase in senescence-like populations following exosome treatment from bone marrow and induced pluripotent stem cell-derived mesenchymal stem cells // World Journal of Stem Cells. 2025. Vol. 17, Issue 11. Article number: 110381.
- 3 Dairov A., Issabekova A., Ogay V. Mesenchymal stem cell-derived exosomes in the treatment of skin and subcutaneous tissue diseases: a review // Current Stem Cell Research & Therapy. 2026. Vol. 21, Issue 1. P. 47-65.
- 4 Grogan S.P., Stinebaugh G., D'Lima D.D. Anti-inflammatory and angiogenic effects of stem cell secretome // International Journal of Molecular Sciences. 2026. Vol. 27, Issue 5. Article number: 2325.

5 Banerjee A., Ghosal A., Giri P.M., Tani S., Choi Y., Layek B. Mesenchymal stem cell exosome-mediated delivery of paclitaxel for pancreatic cancer therapy // *Biomolecules*. 2026. Vol. 16, Issue 2. Article number: 269.

6 Wang F., Sun Z., Zheng Q., Wei X., Zhang L., Zhu X., et al. Engineered exosomes from umbilical cord mesenchymal stem cells with pPB modification attenuate hepatic fibrosis via hepatic stellate cell targeting // *Journal of Translational Medicine*. 2026. Vol. 24, Issue 1. Article number: 368.

7 Sang H., Zhao R., Lai G., Deng Z., Zhuang W., Wu M., et al. Bone marrow mesenchymal stem cell-derived exosomes attenuate the maturation of dendritic cells and reduce the rejection of allogeneic transplantation // *Advances in Clinical and Experimental Medicine*. 2023. Vol. 32, Issue 5. P. 551-561.

8 Xu C.B., Xu Z., Yu C., Jiang Z. Hydrogel loaded with exosomes from Wharton's Jelly-derived mesenchymal stem cells enhances wound healing in mice // *Journal of Zhejiang University*. 2023. Vol. 52, Issue 6. P. 766-776.

9 Li S., Rong Q., Zhou Y., Che Y., Ye Z., Liu J., et al. Osteogenically committed hUCMSCs-derived exosomes promote the recovery of critical-sized bone defects with enhanced osteogenic properties // *APL Bioengineering*. 2024. Vol. 8, Issue 1. Article number: 016107.

10 Welsh J.A., Goberdhan D.C.I., O'Driscoll L., Buzas E.I., Blenkiron C., Bussolati B., et al. Minimal information for studies of extracellular vesicles (MISEV2023): From basic to advanced approaches // *Journal of Extracellular Vesicles*. 2024. Vol. 13, Issue 2. Article number: e12404.

11 Zhang Y., Lan M., Chen Y. Minimal information for studies of extracellular vesicles (MISEV): ten-year evolution (2014-2023) // *Pharmaceutics*. 2024. Vol. 16, Issue 11. Article number: 1394.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТУРНОГО ТРЕУГОЛЬНИКА

ДӘУЛЕТ З. Қ.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

МАПИТОВ Н. Б.

ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Гранулометрический состав почвы – это массовое соотношение, выраженное в процентах, твердых частиц различного размера, входящих в состав почвы. Эти частицы объединяются в определённые условные группы по крупности, которые называются гранулометрическими фракциями [1]. Гранулометрический состав почвы является одной из важнейших её характеристик, отражающих происхождение, физические свойства и потенциальное плодородие. Соотношение частиц различной крупности оказывает существенное влияние на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, её механические свойства, протекание окислительно-восстановительных процессов, поглонительную способность, а также на процессы накопления гумуса и питательных элементов [2]. Целью данного исследования является изучение гранулометрического состава почв лесных экосистем. В работе приведены результаты сравнительного анализа распределения механических фракций почв на трёх лесных территориях.

Почвенные разрезы были заложены на трёх исследуемых территориях. Первый разрез расположен на территории Иле-Алатауского национального парка (43.162114° с. ш.; 77.075987° в. д.) на высоте 1891 м над уровнем моря в пределах горной системы Северного Тянь-Шаня. Рельеф представлен горным склоном средней крутизны, покрытым лесной растительностью с участием лиственницы, сосны и ели, а травяной покров представлен горными злаками и разнотравьем. Второй разрез заложен в окрестностях города Риддер (50.33467° с. ш.; 83.675751° в. д.) на высоте 421 м над уровнем моря на территории Восточного Казахстана с умеренно волнистым рельефом и смешанным лесом с преобладанием лиственницы и сосны. Третий разрез расположен в районе города Щучинск (52.954028° с. ш.; 70.252327° в. д.) на высоте 384 м над уровнем моря в лесостепной зоне северного Казахстана, где рельеф слабоволнистый и выровненный, а растительность представлена сосной обыкновенной, характерной для сухих боровых лесов.

Отбор и описание почвенного разреза проводились полевым методом почвенно-морфологического исследования. На выбранном участке был заложен почвенный разрез путём выкапывания ямы размером около 0,8 × 1,5 × 2,0 м. Три стенки разреза формировались вертикальными, а четвертая выполнялась со ступенями для обеспечения удобства работы и безопасности. Лицевая стенка разреза ориентировалась в сторону солнечного освещения и использовалась для детального изучения почвенного профиля. Извлекаемая при копке почвенная масса размещалась по боковым сторонам разреза, при этом не допускалось её попадание на лицевую стенку, чтобы избежать загрязнения исследуемой поверхности и нарушения структуры горизонтов. После подготовки разреза проводилось морфологическое описание почвенного профиля. В полевом блокноте фиксировались номер разреза, географическое положение и привязка к ориентирам местности. Лицевая стенка разреза выравнивалась лопатой, после чего одна её часть дополнительно препарировалась ножом или небольшой лопаткой для более чёткого выявления морфологических признаков и границ почвенных горизонтов. В ходе исследования определялись основные характеристики почвы, включая цвет, структуру, гранулометрические особенности и выраженность горизонтов. По каждому выделенному горизонту отбирались образцы почвы для последующего лабораторного определения гранулометрического состава. После завершения полевых работ разрез засыпался в обратной последовательности: сначала возвращалась почва из нижних горизонтов, затем из верхних, что позволило минимизировать нарушение естественного состояния почвенного покрова [3].

Таблица 1 – Гранулометрический состав почвы в трех местах отбора

№	М е с т о отбора	Глубина	А.С.Н % Н2О	Содержание фракции в % на абсолютную сухую почву							
				Размеры фракции в мм				Ил			
				Песок		Пыль	0,01-0,005	0,005-0,001	Ил	3-х	
				1,0 -0,25	0,25- 0,05						
1	PILL-A-01	0-12	3,36	17,384	13,493	43,874	12,831	9,934	2,483	25,248	
2		12-22	1,96	4,978	8,527	49,776	17,544	16,728	2,448	36,720	
3		22-46	1,30	3,526	15,420	49,848	12,969	15,400	2,837	31,206	
4		46-70	2,24	1,616	9,186	51,964	13,912	15,957	7,365	37,234	
5	PRID-01	0-10	2,08	8,946	14,665	32,271	17,974	20,016	6,127	44,118	
6		10-30	9,88	4,439	9,010	40,391	13,316	24,856	7,989	46,161	
7		30-50	2,24	7,283	9,656	37,643	18,822	21,277	5,319	45,417	
8		60-80	1,84	7,926	8,537	31,785	19,560	24,042	8,150	51,752	
9	PBUR-01	0-13	2,72	55,798	24,877	11,513	1,645	2,878	3,289	7,812	
10		13-25	0,22	89,838	3,347	2,806	1,604	1,604	0,802	4,009	
11		25-40	0,18	93,508	1,282	1,603	2,004	1,202	0,401	3,606	
12		40-50	0,26	84,901	9,485	2,005	1,604	0,802	1,203	3,609	
13		50-80	0,12	92,791	2,803	1,602	1,201	0,801	0,801	2,803	

В таблице 1 представлен гранулометрический состав почвы в Иле-Алатау (P-III-01), в Риддере (PRID-01) и в Шучинске (PBUR-01).

Используемая в работе классификация основана на текстурной классификации почв по гранулометрическому составу USDA. Данная система разработана и применяется United States Department of Agriculture и широко используется в почвоведении для определения механического состава почв. Основой классификации является текстурный треугольник, позволяющий определить тип почвы по процентному соотношению трёх основных фракций: песка (Sand), пыли (Silt) и ила (Clay). В зависимости от содержания этих компонентов почвы подразделяются на двенадцать текстурных классов. Описание методики определения текстурных классов почв и принципов построения текстурного треугольника представлено в руководстве Soil Survey Manual, изданном United States Department of Agriculture (USDA). Данная классификация широко применяется в почвенных и экологических исследованиях для анализа гранулометрического состава почв. После получения результатов гранулометрического анализа для каждого образца были определены процентные содержания основных механических фракций песка, пыли и ила. Эти значения вводились в соответствующие поля калькулятора, после чего инструмент автоматически определял текстурный класс почвы на основе классификации USDA и положения точки на треугольнике механического состава. Принцип работы калькулятора заключается в том, что суммарное содержание трёх фракций должно составлять 100 %, а их соотношение используется для определения принадлежности почвы к одному из текстурных классов (например, суглинок, супесь, глина и др.). Полученные результаты применялись для уточнения механического состава исследуемых горизонтов и последующей интерпретации особенностей почвенного профиля [4].

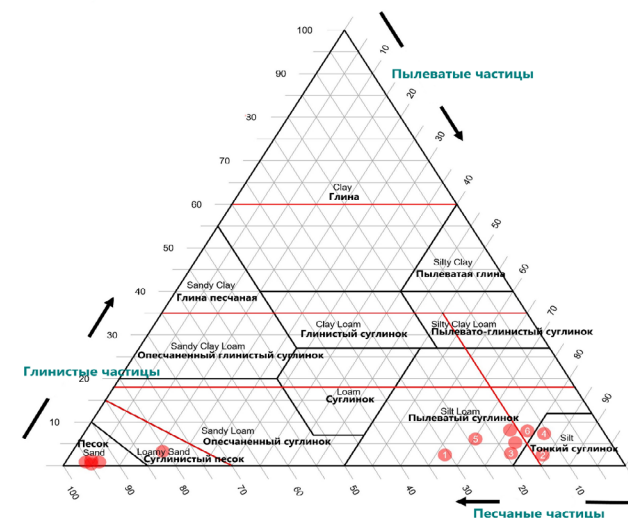


Рисунок 1 – Текстурный треугольник
всех почвенных горизонтов из трех мест отбора

По положению точек на текстурном треугольнике (Рисунок 1) определён текстурный класс почв исследуемых разрезов и выполнено сопоставление полученных результатов с данными гранулометрического анализа, представленными в таблице 2.

Таблица 2 – Гранулометрический состав почвенных образцов и их текстурная классификация по треугольнику USDA

№	Песок	Глина	Ил	X	Y	Текстура
1	30,88%	2,48%	66,64%	0,67882	0,0215	Пылеватый суглинок
2	13,51%	2,45%	84,05%	0,85271	0,0212	Тонкий суглинок
3	18,95%	2,84%	78,22%	0,79636	0,02457	Пылеватый суглинок
4	10,80%	7,37%	81,83%	0,85516	0,06378	Тонкий суглинок
5	23,61%	6,13%	70,26%	0,73326	0,05306	Пылеватый суглинок
6	13,45%	7,99%	78,56%	0,82557	0,06919	Пылеватый суглинок
7	16,94%	5,32%	77,74%	0,80402	0,04606	Пылеватый суглинок
8	16,46%	8,15%	75,39%	0,79462	0,07058	Пылеватый суглинок

9	80,68%	3,29%	16,04%	0,17681	0,02848	Суглинистый песок
10	93,19%	0,80%	6,01%	0,06414	0,00695	Песок
11	94,79%	0,40%	4,81%	0,0501	0,00347	Песок
12	94,39%	1,20%	4,41%	0,05013	0,01042	Песок
13	95,59%	0,80%	3,61%	0,04006	0,00694	Песок

Почвы, отобранные в P-ILI-01 (образцы под номером 1-4), характеризуются высоким содержанием илистой фракции, доля которой варьирует от 66,64 % до 84,05 %. Содержание песка составляет 10,80-30,88 %, а глина 2,45-7,37 %. Согласно текстурной классификации, данные образцы относятся к типам тонкий суглинок и пылеватый суглинок. Преобладание мелкодисперсных частиц обуславливает высокую влагоёмкость и склонность почв к уплотнению. Формирование таких почв связано с горными условиями, активными процессами выветривания и переносом тонкодисперсного материала водными потоками.

Почвы PRID-01 (образцы под номером 5-8) также характеризуются высоким содержанием илистой фракции 70,26-78,56 %, однако отличаются более стабильным и сбалансированным соотношением компонентов: содержание песка составляет 13,45-23,61 %, глина 5,32-8,15 %. Все образцы классифицируются текстурой пылеватый суглинок. Данные почвы обладают оптимальными физическими свойствами, а точнее хорошей влагоудерживающей способностью при достаточной аэрации. Это может быть связано с лесной зоной почвообразования, где значительную роль играет накопление органического вещества и относительно устойчивые условия формирования почвенного профиля.

В отличие от предыдущих регионов, почвы PBUR-01 (образцы 9-13) характеризуются резким преобладанием песчаной фракции, достигающей 80,68-95,59 % при крайне низком содержании ила 3,61-16,04 % и глины 0,40-3,29 %. Образцы относятся к типам текстур песок и суглинистый песок. Такие почвы обладают высокой водопроницаемостью, низкой влагоёмкостью и слабой способностью удерживать питательные вещества.

Анализ распределения точек на треугольнике текстур подтверждает полученные результаты. Образцы из P-ILI-01 и PRID-01 локализуются в правой части диаграммы, соответствующей илстым и илисто-суглинистым почвам, тогда как образцы PBUR-01 смещены в область песчаных почв. Здесь наблюдается чёткая

пространственная дифференциация почвенного покрова: от илистых почв горных территорий к песчаным почвам равнинных регионов.

Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии природных факторов, таких как: рельеф, климат и геологические условия, которые формируют гранулометрический состав почв. Выявленные различия могут быть использованы при оценке плодородия почв, их водного режима и пригодности для сельскохозяйственного использования.

В результате проведённых полевых и лабораторных исследований была дана характеристика почвенного профиля исследуемого участка. Морфологическое описание почвенного разреза позволило установить строение профиля, определить глубину залегания горизонтов и особенности их переходов. Отобранные по горизонтам образцы были использованы для определения гранулометрического состава почвы. Анализ распределения механических фракций показал особенности изменения содержания песчаных, пылеватых и илистых частиц по глубине профиля. На основе полученных данных с использованием почвенного текстурного треугольника была определена текстурная принадлежность исследуемых почвенных горизонтов. Полученные результаты позволили охарактеризовать механический состав почвы, выявить особенности её строения и сформировать общее представление о состоянии почвенного покрова исследуемого участка. Систематизация данных в таблицах обеспечила наглядность результатов и позволила использовать их для дальнейшего анализа и научной интерпретации.

Финансирование.

Часть предоставленных данных в статье подготовлена в рамках грантового проекта, финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, ИРН AP23491050 «Климатические изменения лесных экосистем степных и лесостепных зон Казахстан по содержанию углерода и водорода».

ЛИТЕРАТУРА

1 Почвоведение с основами геологии и агроэкологического землепользования. Часть I. Общее почвоведение с основами геологии: учебное пособие. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – 352 с.

2 Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвоведение: учебник для вузов. – М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2004. – 496 с.

3 Почвенный профиль // Почвенно-географическая база данных России. [Электронный ресурс]. – URL: <https://soil-db.ru/studentam-i-shkolnikam/muzei/muzey-pochvovedeniya-im-sa-zaharova/pochvennyy-profil>

4 Soil Texture Calculator // Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nrcs.usda.gov/resources/education-and-teaching-materials/soil-texture-calculator>

FLORISTIC DISTRIBUTION OF TRAGOPOGON SPECIES ACROSS BIOSPHERE RESERVES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

JUSSUPKALIYEVA A. E.

Master's student in Medical Sciences,
Educational Program «Pharmacy», Astana Medical University, Astana

AKHELOVA SH. L.

Associate Professor of the Department of Pharmaceutical Disciplines,
Astana Medical University, Astana

The genus *Tragopogon* L. (Asteraceae family) includes about 150 species, widely distributed in the temperate regions of Eurasia and the Mediterranean. Members of this genus are herbaceous plants with characteristic inflorescences and specific morphological features of pollen, which are of important taxonomic significance and are used for the identification and classification of species in the Asteraceae family [1].

Some species of the genus *Tragopogon* are used in traditional medicine to treat inflammatory diseases, liver and gastrointestinal tract diseases, as well as skin diseases due to the presence of biologically active compounds [2]. Their pharmacological activity is associated with the presence of flavonoids (apigenin, luteolin, quercetin), terpenoids, and phenolic acids, which have antioxidant, hepatoprotective, and anti-inflammatory properties. Species of the genus *Tragopogon* occur mainly in steppe, meadow, and mountainous ecosystems and play an important role in the floristic diversity of natural landscapes of Eurasia. Many species are adapted to arid and semi-arid environments, which determines their distribution in steppe and mountainous regions of Central Asia [3].

Despite the growing interest in the phytochemistry and pharmacological properties of representatives of the genus, information on the territorial distribution of *Tragopogon* species in the Republic of Kazakhstan remains limited and fragmentary in scientific literature [4].

The purpose of this study was to analyse and summarise data on the presence of species of the genus *Tragopogon* L. in biosphere reserves of the Republic of Kazakhstan, followed by systematisation of the information obtained.

Open data from the Kazakh National Committee of the MAB Programme, which is a structural subdivision of the National Commission of the Republic of Kazakhstan for UNESCO and ISESCO, was used. A content analysis of published floristic lists of 15 biosphere reserves was carried out to identify mentions of species of the genus *Tragopogon*. The data obtained were systematised in a table showing the distribution of species across the protected areas of Kazakhstan. Species names were standardized according to current taxonomic references, and only confirmed occurrences from official sources and herbarium records were included. The resulting data were systematized in a table showing species distribution across the protected areas.

There are 15 biosphere reserves in the Republic of Kazakhstan: Korgalzhyn, Alakol, Katon-Karagay (the Kazakh part of the transboundary biosphere reserve «Greater Altai»), Akzhaiyk, Aksu-Zhabagly, Barsakelmes, Karatau, Altyn-Emelsky, Charynsky, Zhonagsky, Almatinsky, West Altai, Markakolsky, Burabay, and Kolsai Kolderi [4]. Analysis of published floristic lists showed the presence of representatives of the genus *Tragopogon* L. in 11 of the 15 biosphere reserves of the Republic of Kazakhstan (Table 1). In the Korgalzhyn, Akzhaik, Burabai, and Karatau biosphere reserves, species of this genus are not listed in the published floristic lists.

The analysis identified 13 species of the genus *Tragopogon* registered in the biosphere reserves of Kazakhstan. The largest number of species was recorded in the Aksu-Zhabagly, Almaty, and Charyn biosphere reserves, while relatively high species diversity is also characteristic of the Alakol biosphere reserve. Analysis of the distribution of individual species showed that some of them have a wider distribution. For example, *T. ruber* is registered in the largest number of biosphere reserves, including Alakol, Aksu-Zhabagly, Barsakelmes, Almaty, Charyn, Zhongar, and Altyn-Emel.

Table 1 – Distribution of species of the genus *Tragopogon* in biosphere reserves of the Republic of Kazakhstan

№	Species (<i>Tragopogon</i>)	Biosphere Reserves of Kazakhstan
1	<i>T. altaicum</i> S. Nikit. et Schischk.	West Altai
2	<i>T. capitatus</i> S. Nikit.	Aksu-Zhabagly, Almaty, Charyn
3	<i>T. dubius</i>	Alakol, Aksu-Zhabagly, Almaty, Charyn
4	<i>T. elongatus</i> S. Nikit.	Charyn
5	<i>T. marginifolius</i> Pavl.	Aksu-Zhabagly, Charyn
6	<i>T. montanus</i> S. Nikit.	Aksu-Zhabagly, Charyn, Zhongar
7	<i>T. orientalis</i> L. (= <i>T. pratensis</i> subsp. <i>Orientalis</i> (L.) Celak.)	Katon-Karagay, West Altai, Markakol
8	<i>T. pseudomajor</i>	Alakol, Aksu-Zhabagly, Charyn
9	<i>T. pratensis</i> L.	West Altai
10	<i>T. ruber</i>	Alakol, Aksu-Zhabagly, Barsakelmes, Almaty, Charyn, Zhongar, Altyn-Emel
11	<i>T. scoparius</i>	Alakol
12	<i>T. songoricus</i> S. Nikit.	Aksu-Zhabagly, Almaty, Kolsai Kolderi
13	<i>T. vvedenskyi</i> M. Pop. ex Pavl.	Aksu-Zhabagly

Several species are characterized by their limited distribution and are found in only one biosphere reserve. For example, *T. elongatus* is registered only in the Charyn Biosphere Reserve, *T. scoparius* in the Alakol Biosphere Reserve, and *T. vvedenskyi* in the Aksu-Zhabagly Biosphere Reserve. In general, representatives of the *Tragopogon* genus are mainly distributed in the biosphere reserves of Eastern, South-Eastern, and Southern Kazakhstan.

Some species of the genus *Tragopogon* have been recorded in several biosphere reserves, indicating their wider distribution in Kazakhstan. For example, *T. dubius*, *T. capitatus*, and *T. pseudomajor* have been recorded in several protected natural areas, including the Aksu-Zhabagly, Almaty, Charyn, and Alakol biosphere reserves. At the same time, some species are characterized by a more limited distribution and are confined to specific regions of the country. For example, *T. altaicum* and *T. pratensis* have only been recorded in the West Altai Biosphere Reserve, whereas *Tragopogon orientalis* has been recorded in the biosphere reserves of Eastern Kazakhstan, including Katon-Karagay, West Altai, and Markakol.

The systematization of published data has made it possible for the first time to demonstrate generalized information on the distribution of *Tragopogon* L. genus species in the biosphere reserves of the Republic of Kazakhstan. Representatives of the genus are registered in 11 of

15 reserves, with the greatest species diversity observed in the Aksu-Zhabagly, Almaty, Charyn, and Alakol reserves. *T. ruber* is the most widespread species, while some species are found only in certain reserves. The results confirm the uneven geographical distribution of species across the country and the lack of data on them in several reserves in central and western Kazakhstan, and may serve as a basis for further floristic and pharmacognostic studies.

REFERENCES

- 1 Azizi, H., Sheidai, M., Mozaffarian, V., Noormohammadi, Z. Pollen morphology of the genus *Tragopogon* (Asteraceae) // *Acta Botanica Hungarica*. – 2021. – Vol. 63, № 1-2. – P. 31–43. – DOI: 10.1556/034.63.2021.1-2.2.
- 2 Abdalla M. A., Zidorn C. The genus *Tragopogon* (Asteraceae): a review of its traditional uses, phytochemistry, and pharmacological properties // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2020. – Vol. 250. – Art. 112466. DOI: 10.1016/j.jep.2019.112466. PMID: 31837413.
- 3 Tenkerian C., El-Sibai M., Daher C.F., Mroueh M. Hepatoprotective, Antioxidant, and Anticancer Effects of the *Tragopogon porrifolius* Methanolic Extract // *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. – 2015. – Article 161720. – DOI: 10.1155/2015/161720.
- 4 Камелин Р.В. Флора Казахстана и её ботанико-географический анализ / Р.В. Камелин. – Санкт-Петербург: Институт Ботаники им. В.Л. Комарова, 2015. – 512 с.
- 5 Kazakhstan National Committee of the UNESCO «Man and the Biosphere» (MAB) – official website. – URL: <https://www.kazmab.kz/index.php/o-komitete/o-komitete> [Accessed: 05.03.2026].

ОҚУШЫЛАРДЫҢ ЗЕРТТЕУ ДАҒДЫЛАРЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ ҮШІН МЕКТЕПТЕГІ БИОЛОГИЯЛЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТТІ ҚОЛДАНУ

ЕДІЛБЕК Ж. М.

магистрант, Шерхан Мұртаза атындағы
Халықаралық Тараз университеті, Тараз қ.
ИБАДУЛЛАЕВА С. Ж.

б.ғ.д., профессор. Шерхан Мұртаза атындағы
Халықаралық Тараз университеті, Тараз қ.

Қазіргі білім беру жүйесінде оқушыларды тек дайын ақпаратты меңгеруге емес, өздігінен ізденуге, талдауға және ғылыми тұрғыда ойлауға үйрету маңызды болып отыр. Осы мақсатта оқушылардың зерттеу дағдыларын қалыптастыру – мектептегі білім беру үдерісінің басты бағыттарының бірі. Зерттеу дағдылары оқушының мәселені түсіну, сұрақ қоя білу, болжам жасау, тәжірибе жүргізу, деректерді талдау және қорытынды шығару қабілеттерін қамтиды. Бұл дағдылардың дамуы оқушылардың интеллектуалдық әлеуетін арттырып қана қоймай, оларды болашақта ғылыми, кәсіби және әлеуметтік ортада табысты болуға дайындайды.

Биология пәні – зерттеу дағдыларын дамытуға аса қолайлы пәндердің бірі, себебі ол тірі ағзаларды, табиғи құбылыстарды және экологиялық үдерістерді тікелей бақылауға мүмкіндік береді. Теориялық білімді тәжірибемен ұштастыру арқылы оқушылар биологиялық заңдылықтарды терең түсінеді. Осы тұрғыда мектептегі биологиялық эксперимент – оқушылардың ғылыми-зерттеу қабілеттерін дамытудың тиімді құралы болып табылады. Эксперимент арқылы оқушылар тек бақылаушы ғана емес, зерттеуші рөліне еніп, ғылыми әдістің негізгі кезеңдерін меңгереді [1, 198 б.].

Биологиялық эксперименттің басты ерекшелігі – оқушыларды белсенді әрекетке тартуында. Олар тәжірибе барысында зерттеу сұрағын құрастырады, гипотеза жасайды, тәжірибе жоспарын дайындайды, құрал-жабдықтарды қолданады, бақылау жүргізеді және алынған нәтижелерді талдайды. Мұндай жұмыс түрі оқушылардың сыни ойлауын, логикалық талдау қабілетін, жауапкершілігін және шығармашылық белсенділігін арттырады. Сонымен қатар, эксперименттік жұмыс оқушылардың пәнге деген қызығушылығын күшейтіп, білімді терең әрі саналы түрде меңгеруіне ықпал етеді.

Мектеп биологиясында қолданылатын эксперименттер әртүрлі бағытта жүргізіледі. Мысалы, жасушаның құрылымын микроскоп

арқылы зерттеу, өсімдіктердегі фотосинтез үдерісін бақылау, тыныс алу және ашу процестерін тәжірибе жүзінде дәлелдеу, тұқымның өну жағдайларын салыстыру, экологиялық факторлардың ағзаларға әсерін анықтау сияқты жұмыстар оқушылардың зерттеу дағдыларын дамытады. Бұл тәжірибелер оқушыларды деректер жинауға, салыстыруға, қорытынды жасауға және өз пікірін ғылыми негізде дәлелдеуге үйретеді.

Экспериментті тиімді ұйымдастыру үшін мұғалімнің рөлі ерекше. Мұғалім тәжірибенің мақсатын айқындап, оқушыларға түсінікті нұсқаулық беріп, қауіпсіздік ережелерін сақтауды қадағалауы қажет. Сонымен қатар, мұғалім оқушыларға дайын жауап ұсынбай, олардың өз бетімен ойлануына, қателесуіне және қорытынды жасауына мүмкіндік беруі тиіс. Осылайша, оқушылардың дербестігі мен зерттеушілік қабілеті біртіндеп қалыптасады [2, 312 б.].

Эксперименттік жұмыс тек оқу мақсатына ғана емес, тәрбиелік мақсаттарға да қызмет етеді. Оқушылар тәжірибе жасау барысында жауапкершілікке, еңбекқорлыққа, дәлдікке және ғылыми адалдыққа үйренеді. Сонымен қатар, табиғатпен тікелей жұмыс жасау олардың экологиялық мәдениетін қалыптастырып, қоршаған ортаға ұқыпты қарауға тәрбиелейді. Оқушылар тірі ағзалардың нәзік құрылымын, табиғи тепе-теңдіктің маңызын түсініп, экологиялық санасын дамытады [7, 368 с.].

Кесте-1 – Биологиялық эксперимент арқылы қалыптасатын негізгі зерттеу дағдыларын төмендегі кестеде көрсетуге болады

Эксперимент кезеңі	Қалыптасатын дағдылар	Оқушы әрекеті
Мәселені анықтау	Зерттеу сұрағын қою, проблеманы түсіну	Қандай құбылысты зерттеу керектігін анықтайды
Гипотеза құру	Логикалық ойлау, болжам жасау	Тәжірибе нәтижесі қандай болуы мүмкін екенін болжайды
Э к с п е р и м е н т жоспарын жасау	Жоспарлау, жүйелі ойлау	Қадамдарды анықтайды, құралдарды таңдайды
Тәжірибе жүргізу	Практикалық дағдылар, дәлдік	Бақылау жасайды, өлшеу жүргізеді
Нәтижелерді тіркеу	Ақпаратты жинау, ұқыптылық	Кесте толтырады, деректерді жазып алады
Деректерді талдау	Аналитикалық ойлау, салыстыру	Мәліметтерді салыстырады, заңдылықтарды анықтайды
Қорытынды жасау	Сыни ойлау, дәлелдеу	Нәтижені түсіндіреді, тұжырым жасайды

Биологиялық экспериментті жүйелі түрде қолдану оқушылардың болашақта ғылыми-зерттеу қызметіне қызығушылығын арттырып, кәсіби бағдарлануына да ықпал етеді. Ғылымға бейім оқушылар эксперимент арқылы өз қабілеттерін анықтап, зерттеушілік бағытта дамуға мүмкіндік алады. Сонымен қатар, мұндай тәжірибелер оқушылардың топпен жұмыс істеу, пікір алмасу және өз ойын дәлелдеу қабілеттерін жетілдіреді.

Биологиялық эксперименттің білім беру үдерісіндегі орны

Биологиялық эксперимент – бұл оқушылардың тірі ағзалар мен биологиялық үдерістерді мақсатты түрде бақылау, салыстыру, өзгерту және қорытынды жасау әрекеттеріне негізделген оқу қызметі. Эксперимент барысында оқушы теориялық білімді практикамен ұштастырып, биологиялық құбылыстардың себеп-салдарлық байланыстарын анықтайды. Осы арқылы білімнің репродуктивті деңгейінен зерттеушілік деңгейіне көтерілу жүзеге асады.

Эксперименттік жұмыс оқушыларды ғылыми танымның негізгі кезеңдерімен таныстырады: мәселені анықтау, болжам ұсыну, тәжірибе жүргізу, нәтижені тіркеу, талдау және қорытынды жасау. Бұл кезеңдер оқушының зерттеу әрекетінің құрылымын жүйелі түрде қалыптастыруға ықпал етеді [3, 184 б.].

Зерттеу дағдыларының құрылымы және эксперимент арқылы дамуы

Оқушылардың зерттеу дағдылары күрделі, көпқұрамды құрылым болып табылады. Оларға:

- проблеманы анықтау және сұрақ қоя білу;
- ғылыми болжам (гипотеза) ұсыну;
- зерттеу әдістерін тандау;
- экспериментті жоспарлау және жүзеге асыру;
- деректерді жинақтау, талдау;
- нәтижені дәлелдеу және қорытындылау дағдылары жатады.

Биологиялық эксперимент осы дағдылардың барлығын кешенді түрде дамытуға мүмкіндік береді. Мысалы, өсімдіктердің өсуіне жарықтың әсерін зерттеу кезінде оқушы тәжірибе шарттарын өз бетінше анықтайды, бақылау және тәжірибе топтарын салыстырады, алынған нәтижелерді диаграмма немесе кесте түрінде ұсынады. Мұндай жұмыс оқушылардың логикалық ойлауын, дербестігін және жауапкершілігін арттырады.

Эксперименттің оқушы тұлғасына әсері

Биологиялық эксперимент оқушылардың тек интеллектуалдық қабілеттерін ғана емес, сонымен қатар жеке тұлғалық қасиеттерін де дамытады. Эксперимент барысында оқушыларда:

- ұқыптылық пен дәлдік;
- табандылық;
- жауапкершілік;
- топпен жұмыс жасау мәдениеті;
- өз пікірін ғылыми негізде қорғау қабілеті қалыптасады.

Сонымен қатар, тәжірибелік жұмыстар оқушылардың биология пәніне деген қызығушылығын арттырып, олардың табиғатқа ғылыми көзқарасын қалыптастырады. Бұл болашақта экологиялық сауатты, сыни ойлай алатын тұлғаны тәрбиелеуге негіз болады.

Экспериментті ұйымдастырудың педагогикалық шарттары

Биологиялық эксперименттің тиімді болуы оны дұрыс ұйымдастыруға байланысты. Мұнда:

- оқушылардың жас ерекшеліктері;
- оқу мақсаттарының нақтылығы;
- эксперименттің қауіпсіздігі;
- зерттеу тапсырмаларының біртіндеп күрделенуі ескерілуі

кажет.

Эксперимент репродуктивті сипатта ғана емес, ішінара зерттеушілік және шығармашылық деңгейде ұйымдастырылғанда, оқушылардың зерттеу дағдылары тиімді қалыптасады. Мұғалім бағыттаушы, кеңесші рөлін атқарып, оқушының дербес зерттеу әрекетіне жағдай жасауы тиіс [4, 220 б.].

Қазіргі білім беру кеңістігінде оқушылардың зерттеу дағдыларын қалыптастыру – олардың танымдық дербестігін, ғылыми ойлауын және өмір бойы білім алуға дайын тұлға ретінде дамуын қамтамасыз ететін маңызды педагогикалық міндеттердің бірі болып табылады. Осы тұрғыда мектептегі биологиялық экспериментті оқу үдерісінде жүйелі және мақсатты түрде қолдану оқушылардың зерттеушілік құзыреттілігін қалыптастырудың тиімді жолы ретінде айқындалады.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, биология сабақтарында эксперименттік жұмыстарды қолдану оқушылардың теориялық білімді жай ғана меңгеру деңгейінен оны тәжірибеде қолдану, талдау және жалпылау деңгейіне көшуіне мүмкіндік береді. Эксперимент барысында оқушылар ғылыми танымның негізгі кезеңдерін – мәселені анықтау, болжам жасау, тәжірибені жоспарлау, деректерді жинақтау, нәтижелерді талдау және қорытындылау

әрекеттерін меңгереді. Бұл өз кезегінде олардың логикалық ойлау қабілетін, себеп-салдарлық байланыстарды анықтау дағдысын және ғылыми дәлелдерге сүйене отырып пікір білдіру мәдениетін қалыптастырады [8, 256 с.].

Мектептегі биологиялық эксперимент оқушылардың тек танымдық емес, сонымен қатар тұлғалық қасиеттерінің дамуына да оң ықпал етеді. Атап айтқанда, тәжірибелік жұмыстар барысында оқушыларда жауапкершілік, ұқыптылық, табандылық, дәлдік, өз бетінше шешім қабылдау және топпен бірлесе жұмыс жасау қабілеттері қалыптасады. Эксперимент нәтижесін қорғау кезінде оқушылар өз ойларын негіздеп жеткізуге, ғылыми тілде сөйлеуге және сыни тұрғыдан бағалауға үйренеді. Бұл дағдылар олардың болашақтағы оқу және кәсіби қызметінде маңызды рөл атқарады.

Сонымен қатар, биологиялық эксперимент оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырып, табиғи құбылыстарды ғылыми тұрғыда түсінуге бағыттайды. Оқушылар тірі ағзалармен тікелей жұмыс жасау арқылы биология ғылымының мәнін тереңірек ұғынады, теория мен практиканың өзара байланысын сезінеді. Бұл жағдай оқушылардың экологиялық мәдениетін қалыптастырып, табиғатқа жауапкершілікпен қарау көзқарасын дамытуға негіз болады.

Зерттеу барысында биологиялық эксперименттің тиімділігі оны ұйымдастырудың педагогикалық шарттарына тікелей байланысты екендігі анықталды. Эксперименттік тапсырмалар оқушылардың жас ерекшеліктеріне сай, оқу мақсаттарымен үйлесімді және күрделілігі біртіндеп артатындай құрылуы қажет. Мұғалім бұл үдерісте білім көзі емес, оқушының зерттеу әрекетін бағыттаушы, кеңесші рөлін атқаруы тиіс. Осындай оқыту жағдайында ғана оқушылардың зерттеу дағдылары жүйелі түрде қалыптасып, тұрақты нәтижеге қол жеткізіледі [9, 240 с.].

Қорытындылай келе, мектептегі биологиялық экспериментті оқу үдерісінде тиімді қолдану оқушылардың зерттеу дағдыларын қалыптастырудың ғылыми-педагогикалық тұрғыдан негізделген, нәтижелі құралы болып табылады. Экспериментке негізделген оқыту оқушылардың танымдық белсенділігін арттырып қана қоймай, олардың шығармашылық әлеуетін ашуға, ғылыми дүниетанымын қалыптастыруға және қазіргі қоғам талап ететін құзыретті тұлғаны тәрбиелеуге мүмкіндік береді. Сондықтан биология сабақтарында эксперименттік жұмыстардың үлесін арттыру және оларды зерттеушілік бағытта ұйымдастыру – заманауи білім берудің басым бағыттарының бірі болып саналады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Аймағамбетова Б.С. Биологияны оқыту әдістемесі. – Алматы: Мектеп, 2017. – 198 б.
- 2 Қалиев С.Қ., Жарықбаев Қ.Б. Педагогика негіздері. – Алматы: Рауан, 2015. – 312 б.
- 3 Сейталиев Ә.С. Оқушылардың зерттеушілік қабілеттерін дамыту жолдары. – Алматы: Білім, 2014. – 184 б.
- 4 Сәтбаева Ш.К. Оқушылардың зерттеу әрекетін қалыптастырудың педагогикалық шарттары. – Алматы: Қазақ университеті, 2016. – 220 б.
- 5 Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі. Жалпы орта білім берудің мемлекеттік жалпыға міндетті стандарты. – Астана, 2020.
- 6 Абрамова Г.С. Возрастная психология. – Москва: Академический проект, 2013. – 368 с.
- 7 Маркова А.К. Формирование учебно-исследовательской деятельности обучающихся. – Москва: Просвещение, 2012. – 256 с.
- 8 Зайцев В.П. Эксперимент как средство развития познавательной активности обучающихся. – Москва: Владос, 2016. – 240 с.

МАЙ РАЙОНЫНЫҢ ЕРТИС ӨЗЕНІНІҢ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЖАЙЫЛМАСЫНДАҒЫ СУ ҚОЙМАЛАРЫНДАҒЫ БАЛЫҚТАР ГЕЛЬМИНТОФАУНАСЫ

ЖАНТЕНОВА Ж. А.

магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Балық - адамдардың тамақтану рационында кеңінен қолданылатын гидробионттардың негізгі түрлерінің бірі. Азық-түлік мақсатында теңіз және өзен балықтары, табиғи су айдындарынан ауланатын, сондай-ақ жасанды түрде өсірілетін мамандандырылған тоған шаруашылықтарының балықтары пайдаланылады. Балық еті жоғары биологиялық құндылығымен, жеңіл сіңімді ақуыздарымен, омега-3 май қышқылдарымен, дәрумендер мен минералдарға бай құрамымен ерекшеленеді.

Көптеген зерттеушілердің пікірінше, балық пен балық өнімдерін адамдардың рационында дәстүрлі түрде қолдану адамдарды, жануарларды, көптеген балық түрлерін және

көпжасушалы паразиттерді ортақ экологиялық әрі биологиялық жүйеге біріктіреді. Бұл жүйеде коректік тізбектер мен паразитарлық байланыстар маңызды рөл атқарады. [1.2]

Балық аурулары этиологиялық ерекшеліктеріне қарай жұқпалы және инвазиялық болып жіктеледі. Жұқпалы аурулардың қоздырғыштарына бактериялар, вирустар, саңырауқұлақтар мен кейбір балдырлар жатады. Ал инвазиялық аурулар жануар текті паразиттердің әсерінен туындайды, олардың қатарына қарапайымдылар (Protozoa), гельминттер, шаянтәрізділер және басқа да паразиттік ағзалар кіреді [3].

Ертіс өзені – Қазақстан аумағындағы ірі трансшекаралық су артерияларының бірі болып табылады және ихтиофаунасының алуан түрлілігімен ерекшеленеді. Өзен алабы мен оның жайылма аймақтарында әртүрлі экологиялық жағдайлар қалыптасқан, бұл балықтардың паразиттік фаунасының қалыптасуына тікелей ықпал етеді.

Балықтардың гельминттік ауруларының қоздырғыштарына цестодтар, турбелляриялар, трематодтар, нематодтар және сүліктер жатады. Бұл паразиттер тудыратын аурулар көбінесе қоздырғыштың атауына байланысты аталады. Гельминттер балық организмнің жеке мүшелеріне немесе бүкіл денесіне зақым келтіріп, түрлі патологиялық өзгерістер туғызады. Алайда көптеген жағдайда аурудың сыртқы белгілері айқын байқалмауы мүмкін. Ірі гельминттердің кейбір түрлері балықты жаппай зақымдаған кезде олардың тауарлық сапасын төмендетеді. Сонымен қатар кейбір паразиттік құрттар балық өсірілетін су айдындарында балықтардың жаппай қырылуына себеп болып, адам денсаулығына, сондай-ақ үй және шаруашылық жануарларына қауіп төндіруі мүмкін. Жыртқыш балықтардың көпшілігі тұщы суларда мекендейді, мысалы Ертіс өзенінде кеңінен шортан, алабұға және сирек көксерке балықтар кездеседі. Балықтар арасында кеңінен гельминтоздар анықталады. Бұл жайында зерттеулер нәтижелері Ысқаков М.М., Бөлекбаева Л.Т. [2], Ермухаметова Ж. [3], Нурхамитова Б., Коппель С. [4], Тарасовская Н.Е. [5] ғылыми жұмыстарында жарияланған [4].

Осылайша, ғылыми әдебиеттерді талдау Ертіс өзені мен оның жайылмасындағы балық паразиттерінің түрлік құрамы алуан түрлі екенін және олардың таралуы экологиялық, гидрологиялық әрі антропогендік факторлармен тығыз байланысты екенін көрсетеді. Бұл бағыттағы зерттеулер балық шаруашылығының тұрақты дамуын қамтамасыз ету және санитарлық-ветеринарлық бақылауды жетілдіру үшін маңызды болып табылады.

Ертіс өзенінің ағыны Павлодар облысында 747 шақырымға жетеді.

Оның үстіне тек қана Павлодар облысы Ертіс өзенінде көктемде су арнасынан шығып жайылмаға айналады. Жайылманың ені 14-17 шақырымға жетеді. Жайылма басқан жердің негізгі шөгіндері құм тәріздес, сол себептен тез шайылып су қоймалары пішінін өзгертіп отырады. Жайылманың әсерінен шөпті, бұталы және ағаш тәріздес өсімдіктер көп осы себептерге байланысты жайылма негізінде жеке экосистема қалыптасқан. Оның қатарындағы биоценоз өте бай болып табылады. Яғни, түрлі паразиттердің дамуына жақсы жағдайлар бар. Бұл паразиттер геогельминттер, биогельминттер қатарынан. Осылардың ішінде балықтардың гельминттері Павлодар облысында зерттелмеген. Біраз ғана мәліметтер бар. (Описторхус фелинеус авт: Сидоров, 90 жылдары, Жумабекова Б.К). дәл қазіргі уақытта зерттеулер жоқ. Май ауданы тіпті зерттелмеген.

Толық паразитологиялық жарып тексеру әдісі балық организміндегі паразиттердің сапалық және сандық құрамын анықтау мақсатында жүргізіледі. Зерттеу ең алдымен балықты сырттай қараудан басталады. Ол үшін балықты кюветаға аз мөлшерде су құйып орналастырып тексереді. Іріктелген балықтың қабыршақтарын алмай-ақ, оның дене бетін мұқият бақылау қажет. Алғашқы тексеру кезінде лупа немесе микроскоп қолданылмайды. Оптикалық құралдар тек паразиттерді бөліп алу барысында және олардың жүйелік ерекшеліктерін анықтау кезінде пайдаланылады.

Сыртқы тексеру барысында балықтың дене беті, басы, жүзбе қанаттары және көздері мұқият қаралады. Бұл аймақтарда қан құйылу, қызару, ісіну немесе жаралар байқалуы мүмкін. Мұндай өзгерістер көбінесе жұқпалы немесе жұқпалы емес аурулардың бар екенін көрсетеді. Кейбір жағдайларда паразиттің тек денесінің бір бөлігі ғана сыртынан көрінеді, ал оның бас бөлігі балықтың бұлшық ет тініне терең еніп кетуі мүмкін. Балықтың тері қабаттарында, жүзбе қанаттарының түбінде немесе қабыршақтарының арасында кейде ақшыл немесе түкті дақтар, көпіршіктер және ісінулер байқалады. Мұндай түзілістердің ішінде көбіне миксо- және микроспоридиялардың цисталары, сондай-ақ трематодтардың, нематодтардың дернәсілдері немесе паразиттік шаянтәрізділер кездесуі мүмкін. Сондықтан сыртқы бақылау нәтижелері міндетті түрде тіркеліп, әрі қарай зертханалық зерттеулермен нақтыланады [5].

Толық паразитологиялық жарып-сою әдісін жүргізу үшін зерттелетін балық тірі немесе жаңадан ауланған болуы тиіс. Сонымен

қатар зерттеу материалы әртүрлі су қоймаларынан алынғаны жөн, өйткені кейбір су айдындарында тек ауру балықтардың жиналуы мүмкін. Балықты өлшеу және алғашқы тексеру мүмкіндігінше жылдам жүргізілуі қажет. Зерттеу барысында балықтың денесі мен мүшелерінің кебіп кетпеуін қадағалау маңызды. Сол себепті оларды мезгіл-мезгіл сумен шайып тұру немесе Петри табақшасымен жауып қою ұсынылады. Жарып-сою кезінде паразиттердің бір мүшеден екінші мүшеге кездейсоқ ауысып кетуін болдырмау үшін қолданылатын құралдарды уақыт сайын сумен жуып, құрғақ дәкемен сүртіп отыру қажет. Ірі балықтарды тексеру көбіне ашық түрде сырттай бақылау арқылы жүргізіледі. Мұндай жағдайда балықты аз мөлшердегі суда ұстап тексеру ыңғайлы. Ал ұсақ балықтарды зерттеу Петри табақшасында немесе парафинді төсенішке бекітіп жүргізіледі (1-сурет).

Зерттеу жарықтың көмегімен жүргізіледі, кейін қажетті жағдайда тілік жасалып, алынған материал заттық шыныға орналастырылып, ұлғайтқыш әйнек арқылы қаралады. Микроскоптың кіші, орта және үлкен үлкейткіштері арқылы тері бетіндегі сілемей қабатынан және сіңір қыртыстарынан алынған сынамалар зерттеледі. Балықтың терісі мен жүзбе қанаттарында кездесетін паразиттер тірі күйінде қарастырылып, кейіннен оларды бекітіп сақтауға болады. Дененің бетінде және желбезек маңында көбіне қарапайымдылар, шаянтәрізді паразиттер және моллюскалардың дернәсілдері кездеседі. Паразиттердің түрін анықтау үшін оларды зерттелетін мүшеден бөліп алу қажет. Ірі паразиттер әдетте пинцет немесе арнайы инелердің көмегімен алынады (2-сурет). Әр зерттелген балық бойынша оның саны, зерттеу күні, алынған мүшелері және табылған паразиттердің саны көрсетілген белгі қойылып, материалдар жеке ыдыстарда (сағат шыныларында немесе кристаллизаторларда) топтастырылады. Паразиттер пастер пипеткасы немесе скальпель көмегімен алынып, жіңішке пинцет арқылы тұзды су ерітіндісіне орналастырылады. Ішкі мүшелерді зерттеу барысында олардың серозды қабықтары, май ұлпалары мұқият қаралады. Сонымен қатар экссудат пен трансудаттың пайда болуы, ішкі ағзалардың қалыпты мөлшерден ұлғаюы сияқты өзгерістерге назар аудару қажет. Алдымен дене қуысынан ірі паразиттер алынып тасталады, содан кейін ғана ішкі ағзаларды жеке-жеке зерттеу жүргізіледі [6].

Ертіс өзенінен және жайылмасынан балықтар ауланды. Балықтарды зерттеу кезінде толық паразитологиялық сойып-

тексеру әдісі қолданылды. Балықтардың сыртқы жабыны, желбезектері, ішкі ағзалары (бауыр, ішек, жүзу көпіршігі, бұлшық еттері) гельминттердің болуына тексерілді. Балықтардан табылған гельминттер 80% спирт ерітіндісіне фиксацияланды (3-сурет).



(1-сурет)



(2-сурет)



(3-сурет)

Зерттеу барысында Көктөбе және Малайсары аймақтарынан ауланған балықтардың гельминтологиялық құрамы зерттелді. Алынған нәтижелер бойынша әртүрлі паразиттік гельминттер анықталды.

2025 жылдың 4 қарашасында Көктөбе аймағынан ауланған шортан (*Esox lucius*) балығының желбезектерінен 3 дана моногенея, ал ауыз қуысынан 1 дана трематод *Azygia lucii* анықталды. Осы күні сол аймақтан ауланған алабұға (*Perca fluviatilis*) балығының желбезектерінен 1 дана моногенея табылды.

2025 жылдың 30 қарашасында Көктөбе аймағынан ауланған 2 шортан балығының тоқ ішегінен 4 дана цепень тәрізді гельминт *Ligula* тұқымдасы, желбезектерінен 1 дана моногенея, ал асқазанынан 3 дана сүлік тәрізді трематод *Azygia lucii* гельминті анықталды:

Бірінші шортан: желбезегінен – 1 шт моногенея, тоқ ішектен - 2 шт цепень тәрізді гельминт *Ligula* тұқымдасы, асқазанынан - 1 шт трематод *Azygia lucii*.

Екінші шортан: тоқ ішектен – 2 шт цепень тәрізді гельминт *Ligula* тұқымдасы, асқазанынан - 2 шт трематод *Azygia lucii*.

2025 жылдың 4 желтоқсанында Малайсары аймағынан ауланған 1 дана линь (*Tinca tinca*) балығының бас бөлігінен және ауыз қуысынан сүлік тәрізді трематод *Azygia lucii* гельминті табылды.

2025 жылдың 14 желтоқсанында Көктөбе аймағынан ауланған 2 дана шортан балығының желбезектерінен 1 дана моногенея, тоқ

ішегінен 2 дана цепень тәрізді гельминт *Ligula* тұқымдасы, ал асқазанынан 1 дана сүлік тәрізді трематод *Azygia lucii* гельминті анықталды.

Бірінші шортан: желбезектен 1 дана моногенея, тоқ ішегінен 1 дана цепень тәрізді гельминт *Ligula* тұқымдасы, ал асқазанынан 1 дана сүлік тәрізді трематод *Azygia lucii* гельминті

Екінші шортан: тоқ ішектен тоқ ішегінен 1 дана цепень тәрізді гельминт *Ligula* тұқымдасы

2026 жылдың 5 наурызында Көктөбе аймағы Ертіс өзенінен ауланған 12 алабұға (*Perca fluviatilis*) және 20 торта (*Rutilus rutilus*) балықтары:

12 алабұға (*Perca fluviatilis*):

20 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

21 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

23 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

18 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

19 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

24 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

19 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

22 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

25 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

14 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

13 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

14,5 см алабұға аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерден гельминт табылмады;

20 торта (*Rutilus rutilus*) балықтары:

2 дана 24 см торта балығының аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерінен гельминттер табылмады;

3 дана 21 см торта балығының аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерінен гельминттер табылмады;

3 дана 15 см торта балығының аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерінен гельминттер табылмады;

18 см торта балығының аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерінен гельминттер табылмады;

4 дана 17 см торта балығының аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерінен гельминттер табылмады;

3 дана 19 см торта балығының аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерінен гельминттер табылмады;

14 см торта балығының аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерінен гельминттер табылмады;

20 см торта балығының аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерінен гельминттер табылмады;

22 см торта балығының аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерінен гельминттер табылмады;

23 см торта балығының аузынан, басынан, асқазанынан, ішектерінен гельминттер табылмады.

Қорытындылай келе, Май ауданы аумағындағы су айдындарынан ауланған балықтарға жүргізілген паразитологиялық зерттеу нәтижесінде балық организмінде әртүрлі паразиттердің кездесетіні анықталды. Зерттеу барысында негізінен шортан, алабұға, торта және линь балықтары қарастырылып, олардың желбезек, ауыз қуысы, асқазан және ішек бөлімдері тексерілді. Балықтардан моногенеялар, цепень тәрізді гельминттер және сүлік тәрізді паразиттер табылды. Паразиттер көбіне желбезектерде, асқазан мен ішеkte, сондай-ақ ауыз қуысында локализацияланғаны байқалды. Әсіресе шортан балықтарында паразиттердің бірнеше түрі қатар кездесіп, олардың саны басқа балық түрлерімен салыстырғанда көбірек болғаны анықталды.

Осыған байланысты, Май ауданының су қоймаларындағы балықтардың паразитологиялық жағдайын тұрақты түрде бақылап отыру, су экожүйесінің санитарлық жағдайын бағалау және балық шаруашылығын тиімді дамыту үшін маңызды болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Беэр, С.А. Роль человеческого фактора в эволюции паразитарных систем [Текст]/ С.А. Беэр// Мед. паразитология и паразитарные болезни. – 1993. – №5. – С.50–56.

2 Горчакова Н.Г., В.В. Сочнев, А.А. Алиев Взаимоотношения «Паразитхозяин» в инфекционной паразитарной системе [Текст] / Актуальные вопросы экологической безопасности сельского и лесного хозяйства: Н. Новгород, 3-5.11.2003. – М.: ООО «Ветеринарный консультант». – Н. Новгород, 2004. – С. 300-309

3 Henning, H.F. The effect of a larval Anisakis (Nematoda: Ascaroidea) on the South West African anchow *Engraulis capensis* [Text] / H.F. Henning // 1. Cons. int. explor. mer. – 1974. – №.2 – P.185-188

<https://kazatu.edu.kz/webroot/js/kcfinder/upload/files/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0%D0%A1%D0%A7-17/%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B1%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20%D0%90.%2C.pdf> Жыртқыш балықтардың паразитофаунасы жайында жалпы мәліметтер және зерттеу әдістері Маратбеков А., Бөлекбаева Л.Т.

4 Ыскаков М.М., Булекбаева Л.Т. Балық аурулары. Оқу құралы. - Семей, 2007. - 166 б

5 Kotrschal A., Kolm N., Deacon A.E., Magurran A.E. PREDATION PRESSURE SHAPES BRAIN ANATOMY IN THE WILD // Evolutionary ecology. T.31-2017г. С.619-633.

БИОЛОГИЯ САБАҒЫНДА ПРОБЛЕМАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСІНІҢ ТИІМДІЛІГІ: ТӘЖІРИБЕ ЖӘНЕ ҰСЫНЫСТАР – ПРОБЛЕМАЛЫҚ СұРАҚТАР АРҚЫЛЫ ОҚУШЫЛАРДЫҢ СЫНИ ОЙЛАУЫН ДАМУЫ

ЖУМАСАНОВ С.С.

Биология пәнінің мұғалімі, Атырау қ.

ТӘЖІБАЕВА Н. Б.

Биология және химия пәнінің мұғалімі, Атырау қ.

Қазіргі қоғамда білім сапасын арттыру және оқушыларды өмірлік дағдыларға бейімдеу, сонымен қатар білім беру жүйесінде оқушылардың сыни ойлау қабілетін дамыту аса маңызды міндеттердің бірі болып отырғаны белгілі. Алайда бұл міндетті шешуде проблемалық оқыту әдісінің ерекше орын алары сөзсіз. Бұлай топшылауымыздың мәні аталмыш әдістің оқушыларды белсенді әрекеттерге тарту арқылы олардың танымдық қабілеттерін жетілдіруге мүмкіндік беруінде болмақ. Ол оқушыларды нақты өмірлік жағдайларда қолдануға қажетті біліммен қаруландырып қана қоймай, олардың танымдық белсенділігін арттыруға

мүмкіндік береді әрі оқушылардың сыни ойлау қабілеттерін дамыта отырып, оларды қоғамның белсенді азаматы ретінде қалыптасуына ықпал етеді. Бұл мақаланы жазудағы басты мақсат проблемалық оқыту әдісінің биология сабақтарында сыни ойлау дағдыларын қаншалықты дамытуға ықпал ететінін анықтау және оған негізделген әдістемелік ұсыныстар беру болмақ.

Проблемалық оқыту әдісі оқушыларға нақты проблемалар арқылы білім мен дағдыларды зерттеуге мүмкіндік береді; сыни ойлау — ақпаратты бағалап, қорытынды жасай алатын қабілет. Алдыңғы зерттеулер көрсеткендей, PBL білімді терең меңгеруге және шешім қабылдау қабілеттерін жетілдіруге ықпал етеді [1.16]. Бұл әдісті қолдану арқылы оқушылардың білім деңгейін арттырумен қатар, олардың қоғамдық мәселелерді шешудегі белсенділігін арттыруға болады. Бұл әдіс оқушыларды өз бетімен зерттеу жүргізуге, ғылыми деректерді талдауға және жаңа білімді игеруге ынталандырады. Осылайша, проблемалық оқыту әдісі қазіргі қоғамның білім беру саласындағы өзекті мәселелерін шешуге бағытталған тиімді құрал болып табылады.

Биология пәні осы әдісті тиімді қолдануға өте ыңғайлы. Неге десеніз, ол табиғат құбылыстарын тереңірек түсінуге және ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыруға ықпал етеді.

Проблемалық оқыту әдісі оқушыларға өздігінен білім алуына, ақпаратты сыни тұрғыдан талдауына және жаңа білімді өмірде қолдануына жол ашады десек артық айтқанымыз болмас. Бұл әсіресе жасөспірімдердің биология пәніне деген қызығушылығын арттырады, себебі олар нақты өмірлік мысалдар арқылы ғылыми ұғымдарды тереңірек түсінеді. Сонымен қатар, оқушылардың өзара қарым-қатынасын жақсартып топтық жұмыс арқылы олардың әлеуметтік дағдыларының дамуына мүмкіндік береді [2.68]. Осыдан биология сабағындағы проблемалық оқытудың практикалық маңыздылығы оқушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыруында жатыр. Олар эксперименттер жүргізу, деректерді талдау және қорытынды жасау арқылы өздерінің сыни ойлау қабілеттерін жетілдіреді. Бұл білім алушыларға болашақта ғылыми зерттеулерде, сондай-ақ күнделікті өмірде кездесетін мәселелерді шешуде көмек көзі болмақ. Сайып келгенде, қазіргі қоғамда ғылым мен технологияның қарқынды дамуы жағдайында биология пәні бойынша проблемалық оқыту әдісін қолдану оқушылардың болашақ кәсіби қызметіне дайындалуында маңызды рөл атқарады. Бұл әдіс оқушыларды тек қана ақпаратты қабылдаушы

емес, оны талдаушы және қолданушы ретінде қалыптастырады әрі өз бетінше ойлау, шешім қабылдау және жаңа идеяларды ұсыну дағдыларын да дамытады. Сонымен қатар, ұтымды қолдану арқылы оқушылардың экологиялық санасын қалыптастыруға, табиғатты қорғау мәселелеріне жауапкершілікпен қарауға тәрбиелейді деп тұжырым жасауға да болады.

Проблемалық оқыту оқушылардың сыни ойлау қабілеттерін дамытып, оларды күрделі мәселелерді шешуге ынталандырады [1.15]. Бұл ретте оқушылардың сыни ойлау қабілеттерін дамытуға арналған проблемалық сұрақтарды құрастыру – маңызды әдістемелік қадам. Неліктен? Себебі сұрақты дұрыс құрылымдау арқылы нақты көзделген мақсатқа нәтижелі жетуге болатыны белгілі. Өз кезегінде проблемалық сұрақтарды жасау қағидаларын ұсынбақпыз: - Ашық сұрақ болсын (бір дұрыс емес жауап болуы мүмкін). - Нақты өмір жағдайына негізделген: “Егер...” немесе “Неліктен... болуы мүмкін?”. - Оқушыларды талдауға, гипотеза құруға, дерек жинауға ынталандыруға бағыттау маңызды. Мәселен, жасуша деңгейі: “Қышқылды орта өсімдіктің тамыр жүйесіне қалай әсер етуі мүмкін? Бұл өзгерісті зерттеу үшін қандай тәжірибе жоспарлар едіңіз?” Генетика: “Егер ата-анасында қызыл-қызыл тесігі бар балықтың ұрпақтарының түсі әртүрлі болса, бұл қалай түсіндіріледі?” Экология: “Өзен жанындағы өсімдіктердің түрлері уақыт ішінде неге өзгерді? Тағы қандай деректер керек?” Немесе “Эволюция процесі қалай жүреді?” немесе “Адам ағзасындағы жүйелердің өзара байланысы қандай?”, “Егер бір көлге улы зат енгізілсе, алғашқы 3 аптада экожүйе қалай өзгереді?” немесе “Антибиотикті ұзақ қолдану неліктен кейбір бактериялар үшін пайда береді?”, “Генетикалық мутация себебі белгісіз популяцияда жаңа фенотип пайда болды — оны зерттеу үшін қандай деректер керек?”, “Ағаш станциялары қала ауасындағы көміртегіні қалай әсер етеді?”, “Қант диабеті бар егде жастағы адамның тамақ рационы қалай өзгеруі керек?” деген сұрақтар оқушыларды зерттеуге және талдауға жетелейді.

Сонымен қатар “Жасушаның энергия өндіру механизмдері қандай?” деген сұрақты ұсынуға болады. Бұл сұрақ оқушыларды жасушалық тыныс алу процесін зерттеуге және оның биологиялық маңызын түсінуге бағыттайды. Мұндай сұрақтар оқушыларды зерттеу жұмыстарына тартып, олардың белсенділігін арттырады. Айталық оқушыларды топтарға бөліп, әр топқа белгілі бір биологиялық мәселені зерттеуге тапсырма беру тиімді. Мәселен,

“Экожүйелердегі түрлердің өзара әрекеттесуі” тақырыбында зерттеу жүргізу арқылы оқушылар экологиялық тепе-теңдік туралы тереңірек түсінік алады. Бұл топтық жұмыс оқушыларды бірлесіп жұмыс істеуге, пікір алмасуға және шешім қабылдауға үйретеді. Немесе сабақты бастар алдында оқушы ынтасын ояту мақсатында проблемалық жағдаят ұсынуға болады. Мысал ретінде ұсынсақ: әуелі мұғалім сыныпқа бір қысқа жағдай баяндайды: «Ғылыми зерттеулерде ауыл шаруашылығында белгілі бір дақылдардың өсуі нашарлайды. Топтардың зерттеулері көрсеткендей, топырақта қант сияқты органикалық заттар көп. Осы жағдайда өсімдіктер неге нашар өседі? Және жасушалық деңгейде қандай процестер бұзылуы мүмкін?» Немесе шынайы өмірден қысқа факті: «Ашығудан кейін адамдар әлсіздік сезінеді — энергетикалық процестерді қалай түсіндіруге болады?» Міне мұндай жағдай оқушылардың қызығушылығын оятады және оларды мәселені зерттеуге итермелейді.

Проблемалық сабақтың кезеңдерін төмендегідей беруді ұсынамыз:

1. Топқа бөлу және проблеманы анықтау (5 минут). Бұл тұста оқушылар 4-5 адамнан тұратын топтарға бөлінеді. Әр топқа мәселені қысқаша формулировка жасау тапсырмасы беріледі: «Неліктен жасушада энергия пайда болады және қандай факторлар процесті өзгертуі мүмкін?».

2. Гипотеза және жоспар құру (7 минут) Әр топ проблеманың бірнеше мүмкін себебін (гипотезасын) жазады (мысалы: оттегінің жетіспеушілігі, қанттың көп болуы, температураның өзгеруі). Гипотезаны тексеру үшін қарапайым тәжірибе жоспарын құрады: мәселен, ашытқы мен қантты пайдаланып жасушалық тыныс алудың тіркесімін көрсету (суық/ыстық, қант бар/жоқ) немесе теориялық модель құруды ұсынуға болады.

3. Тәжірибе/зерттеу жүргізу (10–12 минут). Бұл кезең тәжірибелік болғандықтан әр топқа 2-3 пробирка/банка беріледі:

Проба А: ашытқы+су (базалық);

Проба В : ашытқы+су+қант;

Проба С: ашытқы+су (суық) немесе ашытқы +су+қант (ыстық)

4. Деректерді талдау және қорытынды жасау (6–8 минут). Бұл кезеңде әр топ тәжірибе нәтижелерін кестеге толтырады, график тұрғызады (қысқа есеп). Келесі кезекте сынып ішінде талқылау жүргізілгені дұрыс. Нәтижелер гипотезаны растады ма? Қандай факторлар жасушалық тыныс алуға әсер етті? Әр топ 2–3 минут

ішінде нәтижесін, гипотезасын және қорытындысын қорғауы қажет. Мұндай жұмыс барысында мұғалім жетекшілік етіп, дұрыс тұжырымдар мен қателерді түзетіп, теориялық түсінікпен байланыстырады: аэробты және анаэробты тыныс алу, АТР-тің ролі, температура мен қоректік заттардың әсері секілді акпараттармен бөліскені абзал.

Өзіндік тәжірибеміз көрсеткендей әдістің артықшылықтарымен қоса қиыншылықтары да баршылық. Мәселен артықшылығы ретінде:

Оқушылар мәселені өздері шешеді, құнды дағдылар қалыптасады;

Сыни ойлау, коммуникация және зерттеу дағдылары дамиды;

Сабақ шынайы өмірмен байланысты, мотивация жоғарылайтын болса, қиыншылықтарына:

Уақытты тиімді жоспарлау қажеттігі. Неге десеңіз, 45 мин ішінде барлық кезеңді сыйғызу қиындауы мүмкін. Бұл қиындықты болдырмас үшін тәжірибені алдын ала дайындық ретінде беру немесе кейбір кезеңдерін үй тапсырмасы ретінде ұсыну арқылы шешу жолын ұсынуға болады. Келесі туындайтын мәселе, барлық оқушылар бірдей белсенді болмауы мүмкін – мұғалім топтағы рольдерді бөлу арқылы теңестіруі тиіс [3.76].

Проблемалық оқытуды табысты оқытуға бағыттау үшін, ең әуелі мұғалімге төмендегідей кеңестер ұсынар едік:

Проблеманы нақты, оқушылар деңгейіне сай қойыңыз;

Қауіпсіздік ережелерін алдын ала түсіндіріңіз;

Оқушылардың ойлау қателерін түзету кезінде бағыттауыш сұрақтар қойыңыз («Неге сен осылай ойлайсың?», «Бұл нәтижені қалай түсіндіруге болады?») т.с.с.

Бағалауды формативті және адал жүргізіңіз: процеске назар аударыңыз, тек нәтиже емес. Міне сонда ғана проблемалық оқыту әдісі биология сабақтарында теорияны практикамен байланыстырып, оқушыларға терең түсінік беруге мүмкіндік туғызады. Жоғарыда келтірілген сабақтағы аталған әдіске құрылған сабақты мынадай қарапайым модель ретінде қарауға болады: мәселені қою → гипотеза → зерттеу → талдау → қорытынды. Мұндай сабақтар оқушылардың зерттеу дағдыларын, сыни ойлауын және ынтымақтастық қабілетін дамытары сөзсіз.

Токсан ауыз сөздің тобықтай түйініне келер болсақ, проблемалық оқыту әдісі биология сабағында сыни ойлауды дамытуға бағытталған тиімді құрал болмақ. Бұл әдіс тиімді

қолданылса оқушылардың аналитикалық және проблеманы шешу қабілеттерін жақсартуға мүмкіндік беретіндігіне көз жеткіздік. Сонымен қоса оқушыларды ғылыми тұрғыдан ойлауға, жаңа білімді игеруге ынталандыру арқылы олардың өмірлік дағдыларын дамытуға болады. Бұл әдісті кеңінен қолдану болашақта оқушыларды қоғамның белсенді азаматы ретінде қалыптастыруға ықпал етеді дей келе білім беру жүйесінің сапасын арттырып, оқушыларды өмірге бейімдейтін дағдылармен қамтамасыз етуге болады деп тұжырым жасамақпыз.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Биологияны бейіндік оқытудағы тиімді әдістердің пәнге қызығушылықты арттырудағы әсері. – Azhar Abubakirova, Эльмира Жаппарбергенова, Фарида Тұрысбекова, Айгуль Успабаева. ILIM, 38(4), 2024, 5–19.

2 Соловьева А., Ибраимова Б. Биология. Оқыту әдістемесі (8-сынып). – Алматы: Атамұра, 2018.

3 Байнияз Л.Е Биология пәнін оқытуда проблемалық оқыту технологиясын қолдану ерекшеліктері // ILIM. – 2023. – № 35 (1). – 75-85 б.

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ «ЗЕЛЕНАЯ ШКОЛА» ЧЕРЕЗ ПРОЕКТНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА УЧЕБНО-ОПЫТНОМ УЧАСТКЕ

КОЖАНОВА А. Е.

докторант, учитель биологии, КГУ Мичуринская СОШ,
Павлодарский район

АБДЫМАНОВА А. Б.

директор школы, КГУ Мичуринская СОШ, Павлодарский район
САНСЫЗБАЕВА М. Д.

психолог, КГУ Мичуринская СОШ, Павлодарский район

В статье рассматриваются возможности реализации концепции «Зеленая школа» через организацию проектной деятельности учащихся на учебно-опытном участке. Раскрывается значение учебно-опытного участка как образовательного пространства, способствующего формированию экологической культуры, познавательной активности и практических навыков школьников. Особое внимание уделяется использованию проектных методов

обучения в экологическом и биологическом образовании. Представлен педагогический опыт внедрения экологических проектов внедрения экологических проектов в образовательный процесс школы. Делается вывод о том, что проектная деятельность на учебно-опытном участке является эффективным средством реализации концепции «Зеленая школа».

Цель нашего исследования: обосновать и раскрыть возможности реализации концепции «Зеленая школа» через организацию проектной деятельности школьников на учебно-опытном участке.

Задачи исследования:

1. Проанализировать теоретические основы и принципы концепции «Зеленая школа».
2. Рассмотреть педагогические возможности проектной деятельности в экологическом образовании школьников.
3. Определить роль учебно-опытного участка в реализации проектной деятельности
4. Описать формы и методы организации экологических проектов на учебно-опытном участке
5. Оценить влияние проектной деятельности на формирование экологической культуры учащихся.

Ключевые слова: зеленая школа, проектная деятельность, учебно-опытный участок, экологическое образование, экологическая культура, устойчивое развитие, школьное образование.

Гипотеза исследования: предполагается, что реализация концепции «Зеленая школа» через проектную деятельность на учебно-опытном участке будет способствовать повышению уровня экологической культуры учащихся, развитию их познавательной активности и формированию практических умений.

Научная новизна работы заключается в обосновании учебно-опытного участка как ключевого пространства реализации концепции «Зеленая школа» посредством проектной деятельности, а также систематизации форм и методов организации экологических проектов, адаптированных к условиям общеобразовательной школы.

В условиях современного образования особую значимость приобретает экологическое воспитание обучающихся и формирование у них ответственного отношения к окружающей среде. Концепции «Зеленая школа» направлена на создание экологически ориентированной образовательной среды, способствующей развитию экологической культуры, практических навыков и устойчивых ценностных установок у школьников.

Одним из эффективных средств реализации данной концепции является проектная деятельность, позволяющая интегрировать теоретические знания с практической работой. Учебно-опытный участок школы выступает важным образовательным ресурсом, обеспечивающим условия для проведения наблюдений, исследований и экологических проектов. В связи с этим актуальным является изучение возможностей использования учебно-опытного участка как пространства реализации проектной деятельности в рамках концепции «Зеленая школа» [1].

В рамках данной задачи осуществляется анализ научных и методических источников, а также нормативных документов, раскрывающих сущность и основные положения концепции «Зеленая школа». Рассматривается ее цели, принципы и направления реализации в общеобразовательной организации. Особое внимание уделяется вопросам экологического воспитания, устойчивого развития и формированию экологической культуры учащихся.

Данная задача направлена на изучение проектной деятельности как педагогической технологии, способствующей активизации познавательной деятельности учащихся. Анализируются ее образовательные, развивающие и воспитательные возможности в экологическом образовании. Рассматривается влияние проектного обучения на формирование самостоятельности, исследовательских умений и экологического мышления школьников.

В рамках исследования анализируются образовательные возможности проектной деятельности, проявляющиеся в углублении и систематизации экологических знаний, формирование целостного представления о взаимосвязях в природных и социоприродных системах, а также в освоении школьниками методов научного познания. Проектная деятельность позволяет интегрировать знания из различных учебных дисциплин, способствует установлению междпредметных связей и практическому применению теоретического материала в реальных условиях.

Развивающий потенциал проектного обучения заключается в формировании у учащихся познавательной активности, критического и экологического мышления, умений анализировать, сравнивать, обобщать и делать обоснованные выводы. В процессе реализации экологических проектов у школьников развиваются исследовательские умения, включая постановку проблемы, выдвижение гипотез [2].

В процессе решения данной задачи выявляется значение учебно-опытного участка как практико-ориентированного образовательного пространства. Анализируются его возможности для проведения наблюдений, экспериментов и исследований в рамках экологических проектов. Значительно учитывается роль учебно-опытного участка в интеграции теоретических знаний и практической деятельности обучающихся.

Анализируются возможности учебно-опытного участка для организации систематических наблюдений, экспериментов и исследовательской деятельности в рамках экологических проектов. В ходе наблюдений учащиеся получают представление о сезонных изменениях в природе, биологических особенностях растений, влиянии природных и антропогенных факторов на их рост и развитие. Экспериментальная деятельность позволяет учащимся проверить выдвинутые гипотезы, сравнивать различные способы агротехнического ухода, изучать влияние условий среды на живые организмы, что способствует развитию исследовательских навыков и элементов научного мышления.

Особое значение учебно-опытный участок приобретает как пространство для проведения учебных исследований, в рамках которых обучающиеся осваивают методы сбора, фиксации и анализа данных, учатся делать выводы и обобщения на основе полученных результатов. Такая деятельность способствует формированию познавательной самостоятельности, ответственности за результаты собственной работы и осознанного отношения к окружающей среде [3].

Значительное внимание уделяется роли учебно-опытного участка в интеграции теоретических знаний и практической деятельности обучающихся. Теоретический материал, полученный на уроках биологии, экологии, географии и технологии, находит практическое подтверждение и осмысление в реальной деятельности. Практическая работа на участке способствует более глубокому усвоению учебного материала, формированию устойчивых межпредметных связей и повышению мотивации к изучению экологических дисциплин.

Таким образом, учебно-опытный участок рассматривается как важнейший компонент образовательной среды школы, обеспечивающий условия для реализации экологических проектов, формирования экологической культуры обучающихся и развития их практико-ориентированных и исследовательских компетенций.

В нашей работе рассматриваются основные формы (индивидуальные, групповые, коллективные проекты) и методы (исследовательские, практические, проблемные) организации экологической проектно-исследовательской деятельности. Описываются этапы реализации проектов, а также приемы педагогического сопровождения учащихся при работе на учебно-опытном участке.

Формы организации проектной деятельности включают индивидуальные, групповые и коллективные проекты.

Индивидуальные проекты, ориентированы на самостоятельную деятельность учащегося и предполагают личную ответственность за все этапы проектной работы: от постановки цели и формулирования задач до анализа полученных результатов и их представления. Данная форма способствует развитию познавательной самостоятельности, навыков самоорганизации, исследовательской культуры и рефлексивных умений. Индивидуальные проекты, чаще всего реализуются при выполнении исследовательских наблюдений, ведение дневников роста растений, изучение почвенных и климатических условий.

Групповые проекты предполагают совместную деятельность учащихся (обычно 3-6 человек), распределение ролей и обязанностей, коллективное принятие решений. Такая форма способствует развитию коммуникативных навыков, умения работать в команде, ответственности за общий результат. В рамках групповых проектов учащиеся могут выполнять опытническую работу, проводить экологические эксперименты, разрабатывать мини-проекты по благоустройству участка, уходу за растениями или изучению биоразнообразия.

Коллективные проекты охватывают более широкий круг участников (класс, параллель, школьное сообщество) и направлены на решение социально значимых экологических задач. Они способствуют формированию экологического сознания, гражданской ответственности и навыков социального взаимодействия. Примерами коллективных проектов являются озеленение территории школы, создание экологических троп, проведение природоохранных акций, выставок и презентаций результатов работы.

Методы организации экологической проектной деятельности включают исследовательские, практические и проблемные методы.

Исследовательские методы направлены на формирование у учащихся навыков научного познания. Они предполагают постановку гипотез, проведение наблюдений, экспериментов, сбор и анализ эмпирических данных. На учебно-опытном участке данные методы реализуются через изучение роста и развития растений, влияние факторов среды, сравнение различных агротехнических приемов, ведение фенологических наблюдений.

Практические методы ориентированы на непосредственную деятельность учащихся и применение теоретических знаний на практике. К ним относятся посадка и уход за растениями, обработка почвы, изготовление компоста, проведение экологически ориентированных работ по благоустройству территории. Использование практических методов способствует формированию трудовых умений, экологически ответственного поведения и устойчиво ориентированного образа действий [4].

Проблемные методы основаны на создании проблемных ситуаций, требующих поиска решения. Учащимся предлагаются реальные экологические проблемы, связанные с состоянием учебно-опытного участка, условиями выращивания растений или рациональным использованием природных ресурсов. В процессе обсуждения и анализа проблем формируются критическое мышление, способность к аргументации и принятию обоснованных решений [5].

Реализация экологических проектов осуществляется поэтапно и включает подготовительный этап (определение темы, цели и задач проекта), основной этап (планирование и выполнение практических и исследовательских действий), а также заключительный этап (анализ результатов, оформление и презентация проекта).

Особое значение имеет педагогическое сопровождение учащихся, которое реализуется через консультирование, мотивационную поддержку, организацию рефлексии, корректировку деятельности и создание условий для самостоятельного выбора способов решения поставленных задач. Такое сопровождение обеспечивает эффективность проектной деятельности и способствует развитию экологической культуры школьников.

Решение данной задачи предполагает анализ результатов проектной деятельности с точки зрения формирования экологической культуры школьников. Рассматриваются изменения в уровне экологических знаний, ценностных установок и практических умений школьников. Делается вывод о значимости

проектной деятельности на учебно-опытном участке как средства экологического воспитания.

Таким образом, анализ результатов проектной деятельности позволяет сделать вывод о ее высокой эффективности в формировании экологической культуры школьников. В ходе реализации экологических проектов на учебно-опытном участке отмечается положительные изменения в уроке экологических знаний обучающихся, проявляющиеся в более осознанном понимании экологических процессов, взаимосвязей в природной среде и последствий антропогенного воздействия.

Наряду с когнитивным компонентом экологической культуры выявляются изменения в ценностно-мотивационной сфере школьников, выражающиеся в формировании устойчивого интереса к экологическим проблемам, ответственном отношении к природе и готовности участвовать в природоохранной деятельности. Практическая направленность проектной деятельности способствует развитию у школьников экологически целесообразных умений и навыков, связанных с исследовательской, опытнической и природоохранной деятельностью.

В целом проектная деятельность на учебно-опытном участке выступает эффективным средством экологического воспитания, обеспечивающим интеграцию теоретических знаний и практического опыта, развитие экологического мышления и формирование экологически ответственного поведения школьников. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования проектной деятельности в системе экологического образования как значимого педагогического условия формирования экологической культуры обучающихся.

ЛИТЕРАТУРА

1 Лариков А.А. Елизарова И.С. Организация долгосрочных проектов в школе как средство реализации федеральных государственных стандартов основного общего образования // Молодой ученый. – 2015. - №10.-с. 39-42

2 Байбородова Л.В. Проектная деятельность школьников в разновозрастных группах: пособие для учителей общеобразовательных организаций /Л.В. Байбородова, Л.Н. Серебренников. – М.: Просвещение, 2013. – 175 с

3 Пахомова Н.Ю. Метод учебных проектов в образовательном учреждении: Пособие для учителей и студентов педагогических вузов. – М.: АРКТИ, 2005, - 112с.

4 Полат Е.С., Бухаркина М.Ю. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: учебное пособие для студентов высших уч. заведений/ под ред Е.С. Полат.- 3-е изд., испр. и доп.-М.:Издательский центр «Академия», 2008.-272с.

5 Трайтак Д.И., Клиновская Н.И. Школьный учебно-опытный участок и организация работы на нем// Школа и производство. 1985. -№4- с. 366

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ БОЛЕЗНЕЙ ПШЕНИЦЫ

КОППАЕВ А. Е., ОСИПОВА А. В.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
УАЛИЕВА Р. М.

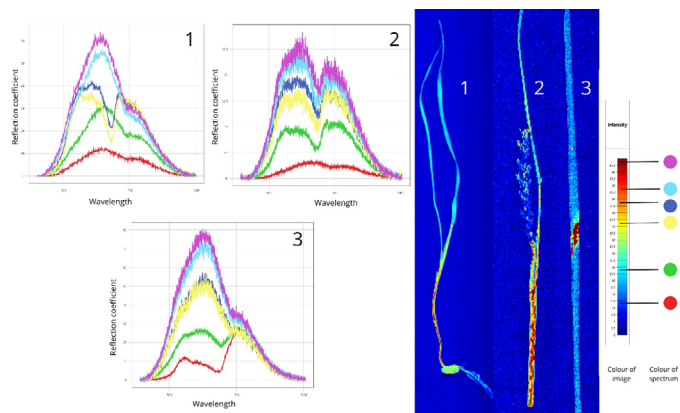
PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Современное растениеводство сталкивается с необходимостью раннего выявления и точной идентификации болезней пшеницы, так как фитопатогенные инфекции приводят к существенным потерям урожая и снижению качества зерна. В условиях интенсификации сельского хозяйства особую актуальность приобретают неразрушающие, высокочувствительные и автоматизируемые методы мониторинга состояния растений [1]. Гиперспектральная визуализация представляет собой перспективную технологию дистанционной и ближней диагностики, основанную на регистрации отражённого излучения в узких спектральных диапазонах [2, с. 203]. В отличие от традиционной мультиспектральной съёмки, гиперспектральный анализ позволяет получать детализированную спектральную подпись объекта в широком диапазоне длин волн, что делает возможным выявление тонких изменений, связанных с нарушением пигментного состава, структуры тканей и водного режима растений. Патологические процессы, вызванные грибными, бактериальными или вирусными агентами, сопровождаются перестройкой фотосинтетического аппарата, накоплением защитных соединений, разрушением мезофилла и изменением оптических свойств поверхности листа.

Целью работы является оценка диагностического потенциала гиперспектральной визуализации для идентификации болезней пшеницы, в частности пыльной головни и мучнистой росы, на основе анализа спектров отражения и выявления характерных признаков различных типов поражения.

Образцы были собраны в вегетационный период 2025 года в посевах агроценоза пшеницы на территории Павлодарской области ТОО Агро-Даму. Для исследования отобрано 3 образца пшеницы: здоровый образец, образец с поражением пыльной головней и образец с поражением мучнистой росой. Поражение пыльной головней вызвано узкоспециализированным паразитическим грибом *Ustilago tritici*. Поражение мучнистой росой вызвано грибом *Blumeria graminis*. Гиперспектральная съёмка объектов исследования проведена на базе Лаборатории биологических исследований НАО «Торайгыров университет» (г. Павлодар, Казахстан). Съёмка проведена гиперспектральной камерой FigSpec FS-13 VNIR диапазона (400–1000 нм) сканирующего типа с не менее чем 250 спектральными каналами и спектральным разрешением 2,5 нм. Предварительный визуальный контроль качества гиперспектральных изображений осуществлялся с помощью специализированного программного обеспечения Prediktera с языком программирования IDL для обработки получаемых гиперспектральных изображений. Для каждого изображения был сформирован гиперкуб данных. Предварительная обработка снимков включать в себя калибровку спектра с использованием «чёрных» и «белых» эталонов, а также создание и применение «масок» для удаления фона. Полученные гиперспектральные изображения были загружены в программу Breeze от Prediktera. Во вкладке Pixel Explore можно рассмотреть спектральные данные изображения. Здесь мы создали модель PCA на основе всех пикселей изображения.

На рисунке 1 представлены спектры отражения в диапазоне 400–1000 нм для трёх вариантов состояния растения пшеницы: здоровый, пораженный пыльной головней и пораженный мучнистой росой. Цветовые кривые графиков Raw Spectrum соответствуют уровням интенсивности согласно шкале справа: красный отображает минимальные значения отражения, фиолетовый – максимальные значения.



1 – здоровый образец, 2 – образец, пораженный пыльной головней,
3 – образец, пораженный мучнистой росой

Рисунок 1 – Гиперспектральные данные образцов пшеницы

Спектральная кривая здорового образца характеризуется типичным для здоровой вегетирующей ткани профилем. В синей области (≈ 450 нм) и в красной зоне (≈ 660 – 680 нм) наблюдаются выраженные минимумы отражения, обусловленные поглощением хлорофиллом а и b. В зелёной области (≈ 540 – 560 нм) фиксируется относительный максимум, что объясняет визуальную зелёную окраску листа. После 700 нм отмечается резкий подъём отражения (красный край), связанный с внутренней структурой мезофилла и высоким рассеянием в ближнем ИК-диапазоне. Увеличение интенсивности от красной к фиолетовой кривой отражает рост общего коэффициента отражения без искажения формы спектра, что указывает на физиологически полноценную ткань. Коэффициент отражения достигает 40%.

По сравнению со здоровым вариантом у образца, пораженного пыльной головней, наблюдается общее снижение коэффициента отражения в видимом диапазоне, особенно в зелёной и красной областях. Минимумы становятся менее контрастными, что свидетельствует о нарушении пигментного комплекса и деградации хлорофилла. «Красный край» сглажен и смещён, подъём в ближнем ИК-диапазоне менее выражен, что указывает на разрушение клеточной структуры и снижение тургора. Повышение интенсивности (от красной к фиолетовой кривой) сопровождается не только ростом отражения, но и изменением формы спектра,

что связано с формированием спороносящих структур гриба и замещением тканей хозяина тёмной массой спор. Коэффициент отражения пораженного участка равен всего 5%.

Спектр пораженного мучнистой росой образца существенно отличается от двух предыдущих вариантов. В видимом диапазоне наблюдается общее повышение отражения, особенно в области 500–700 нм. Это связано с формированием поверхностного белого налёта мицелия и конидий, который усиливает диффузное рассеяние света. Минимумы поглощения хлорофилла выражены слабее, поскольку мицелиальный покров частично экранирует фотосинтетическую ткань. «Красный край» становится менее резким, а различия между уровнями интенсивности более выражены. В ближнем ИК-диапазоне отражение снижается быстрее по сравнению со здоровым образцом, что свидетельствует о нарушении внутренней структуры листа под мицелиальным покровом. Коэффициент отражения пораженного участка достигает 80%.

Так, здоровый образец демонстрирует классический хлорофилл-зависимый спектр с выраженным «красным краем». Поражение пыльной головней приводит к снижению отражательной способности и сглаживанию спектральных особенностей вследствие разрушения тканей и накопления спор. При мучнистой росе, напротив, возрастает отражение в видимом диапазоне за счёт поверхностного белого налёта, изменяющего оптические свойства листа.

Проведённый анализ спектральных характеристик показал, что гиперспектральная визуализация обладает высоким потенциалом для дифференциации здоровых и поражённых растений пшеницы, а также для разграничения различных типов заболеваний. Изменения пигментного состава, деградация хлорофилла, формирование тёмных или светлых спороносящих структур и нарушение внутренней организации листа приводят к специфическим трансформациям спектров отражения. Наиболее информативными являются области видимого диапазона, связанные с поглощением хлорофилла, а также зона «красного края» и ближний инфракрасный диапазон, отражающие структурное состояние листа. Поражения, сопровождающиеся разрушением тканей и накоплением тёмных пигментов, характеризуются снижением отражательной способности и сглаживанием спектра. Заболевания с формированием поверхностного белого налёта, напротив, вызывают повышение отражения в широком диапазоне длин волн за счёт усиленного рассеяния света. Эти различия могут

быть использованы для построения классификационных моделей и проведения мониторинга агроценозов.

Таким образом, гиперспектральная визуализация может быть эффективным инструментом ранней, неинвазивной и точной диагностики болезней пшеницы. Интеграция данной технологии в системы агромониторинга и точного земледелия открывает возможности для своевременного принятия управленческих решений, снижения фитосанитарных рисков и повышения устойчивости агроэкосистем.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по проекту ИРН AP26197815 «Разработка интеллектуальной системы мониторинга пшеничного агроценоза посредством синергетической интеграции гиперспектральной съемки и LiDAR с использованием технологий компьютерного зрения».

ЛИТЕРАТУРА

1 Chang, C.-I. Hyperspectral Imaging: Techniques for Spectral Detection and Classification // Kluwer, New York. – 2003. – P. 386. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-9170-6>

2 Чешкова, А.Ф. Обзор современных методов обнаружения и идентификации болезней растений на основе анализа гиперспектральных изображений // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2022. – P. 203–213. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-25>

3 Данилов, Р.Ю., Кремнева, Ю.О., Исмаилов, В.Я. Общая методика и результаты наземных гиперспектральных исследований сезонного изменения отражательных свойств посевов сельскохозяйственных культур и отдельных видов сорных растений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2020. – P. 113–127. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2020-17-1-113-127>

4 Тимофеев, В.Н., Перфильев, Н.В., Вьюшина, О.А. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы в условиях Северного Зауралья // Земледелие. – 2016. – P. 18–22.

5 Уалиева, Р., Каверина, М. Мониторинг видового состава вредителей яровой пшеницы на северо-востоке Казахстана // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия Биологические науки. – 2023. – Vol. 143(2). – P. 39–53. <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-143-2-39-53>

ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МОДЕЛИ 5Е В ИЗУЧЕНИИ КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЫ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

КОРОГОД Н. П.

доцент, Высшая школа Естествознания, Павлодарский Педагогический университет имени Әлкея Марғұлана, г. Павлодар

БОРЩЕВСКАЯ К. М.

магистрант, Павлодарский Педагогический университет имени Әлкея Марғұлана, г. Павлодар

Изучение эволюции функциональных систем организмов остается одной из фундаментальных задач современной биологии. Кровеносная система беспозвоночных животных представляет собой уникальный объект для сравнительно-эволюционного анализа, демонстрируя широчайший спектр адаптивных решений: от диффузной транспортной системы у низших червей до появления высокоорганизованных замкнутых систем у головоногих моллюсков [5, с. 478; 6, с. 512]. Понимание закономерностей перехода от незамкнутого типа кровообращения к замкнутому, анализ смены дыхательных пигментов (гемоглобин, гемоцианин, хлорокруорин) и изучение механизмов регуляции сокращений спинного сосуда являются ключевыми для реконструкции макроэволюционных процессов в животном мире.

Однако, несмотря на обширный фактический материал, накопленный сравнительной анатомией и физиологией [5; 6], существует методологическая проблема интеграции этих знаний. Фрагментарность данных из зоологии, физиологии и экологии затрудняет формирование у обучающихся целостной картины эволюции транспортных систем. Современные исследования в области естественнонаучного образования подчеркивают необходимость поиска подходов, позволяющих не просто констатировать разнообразие систем, но и моделировать логику их возникновения [2; 4].

В данной работе мы предлагаем использовать педагогическую модель 5Е (Engage -- Explore -- Explain -- Elaborate - Evaluate), разработанную в рамках проекта BSCS [1], в качестве методологической основы для изучения эволюции кровеносной системы беспозвоночных. Эффективность данной модели подтверждена многочисленными исследованиями [2; 3] и мета-анализами, демонстрирующими её положительное влияние на

развитие исследовательских компетенций [3]. Мы рассматриваем модель 5E не только как дидактический прием, но и как способ организации исследовательского мышления, позволяющий проследить причинно-следственные связи между средой обитания, планом строения животного и гемодинамическими характеристиками. Такой междисциплинарный подход, находящийся на стыке биологии и методики её преподавания, позволяет превратить изучение сложной биологической темы в мини-исследование, соответствующее логике научного познания [4].

Научная новизна работы заключается в том, что модель 5E рассматривается не только как педагогический инструмент, но и как методологическая основа организации изучения сложных биологических систем, в частности кровеносной системы беспозвоночных животных. Предполагается, что использование данной модели способствует более глубокому пониманию эволюционных закономерностей, механизмов адаптации и функциональной организации биологических систем.

В рамках исследования были разработаны и реализованы лекционные и практические занятия по теме «Кровеносная система беспозвоночных животных», направленные на интеграцию теоретических знаний и элементов исследовательской деятельности. Организация занятий в логике модели 5E позволила приблизить учебный процесс к научному исследованию, обеспечив активное включение обучающихся в анализ биологических объектов и формированию обоснованных выводов. Представленное исследование находится на стыке биологических и педагогических наук и отражает актуальную тенденцию к междисциплинарному подходу в изучении сложных биологических систем.

Таблица 1 – Структура лекционного занятия (50 минут)

№	Этап (5E)	Время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1	Engage	5 мин	Постановка проблемного вопроса	Формулируют гипотезы
2	Explore	10 мин	Демонстрация схем и примеров	Анализируют информацию
3	Explain	20 мин	Объяснение (эволюция, гемолимфа, типы сердец и т.д.)	Записывают, задают вопросы
4	Elaborate	10 мин	Сравнительный анализ систем	Обсуждают, делают выводы
5	Evaluate	5 мин	Контрольные вопросы	Отвечают, рефлексия

Теоретический базис лекционного занятия охватывал комплексную дескрипцию филогенеза циркуляционных аппаратов беспозвоночных, включая морфологическую вариативность сердечных структур, биохимическую специфику гемолимфы, а также типологию респираторных пигментов и иммунобиологических барьеров.

Центральный вектор изложения был смещен в сторону установления детерминированных корреляций между общим уровнем соматической организации, экологической нишей организма и архитектурой его сосудистой системы. Применение элементов проблемного обучения в сочетании с методом сравнительной биологии позволило синтезировать разрозненные факты в единую когнитивную модель. Результатом такой стратегии стала высокая степень интерактивности аудитории: обучающиеся продемонстрировали развитую способность к дедуктивному анализу и критическому осмыслению сложных эволюционных преобразований.

Лекция выполняет функцию формирования теоретической базы, поэтому для закрепления знаний и их трансформации в практические умения необходим переход к активным формам обучения. Логическим продолжением выступают практические занятия в рамках модели 5E, направленные на самостоятельную исследовательскую деятельность, применение знаний в новых ситуациях, развитие навыков сравнения и интерпретации биологических данных. Такая последовательность соответствует логике научного познания и обеспечивает системное понимание темы.

Далее рассмотрим структуру и содержание практических занятий, реализованных в рамках модели 5E.

Таблица 2 – Практическое занятие №1 (50 минут)

№	Этап (5E)	Время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1	Engage	5 мин	Демонстрация схем без подписей	Выдвигают гипотезы
2	Explore	15 мин	Организация групповой работы	Заполняют таблицу сравнения типов кровеносных систем
3	Explain	10 мин	Обсуждение результатов	Представляют выводы
4	Elaborate	10 мин	Усложнение задачи (анализ эволюционных рядов)	Анализируют эволюцию
5	Evaluate	10 мин	Оценивание	Самооценка

Практическая деятельность была сфокусирована на кросс-анализе строения кровеносного аппарата инвертебрат, что послужило когнитивной базой для реконструкции филогенетических связей. Через сопоставление анатомических характеристик студенты выявили закономерные этапы ароморфозов и идиоадаптаций. Это обеспечило переход от простого описания биологических объектов к пониманию фундаментальных принципов биологической эволюции.

Таблица 3 – Практическое занятие № 2 (творческое, 50 минут)

№	Этап (5E)	Время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1	Engage	5 мин	Демонстрация уникальных адаптаций (гемоцианин моллюсков, трахейная система насекомых)	Формулируют идеи, обсуждают проблемный вопрос
2	Explore	15 мин	Постановка задачи проекта: «Спроектировать кровеносную систему гипотетического организма для экстремальных условий»	Разрабатывают модель в группах
3	Explain	10 мин	Организация презентаций	Представляют проекты, аргументируют решения
4	Elaborate	10 мин	Краткий анализ, постановка дополнительных условий (смена среды, паразитизм)	Улучшают решения, вносят коррективы
5	Evaluate	10 мин	Оценка по критериям	Защищают проекты, участвуют во взаимооценке

Второе практическое занятие было спроектировано как когнитивная площадка для интенсификации креативного и поискового мышления обучающихся. Основным инструментом выступил метод проектного моделирования, имитирующий процесс научного конструирования живых систем. Если в рамках первого занятия доминировали операции анализа и сопоставления, то в данном случае фокус сместился на когнитивный синтез и

дедуктивный перенос теоретических положений в плоскость гипотетических сценариев.

Реализация образовательного цикла в рамках парадигмы 5E осуществлялась по следующему алгоритму:

1 Стадия «Engage» (Мотивационно-целевая): Введение в тему реализовалось через создание интеллектуального дефицита. Преподаватель представил ряд специфических адаптаций гемодинамики беспозвоночных (специфика гемоцианина у моллюсков, функционал гемолимфы насекомых, механизмы оксигенации у цефалопода), что позволило сформулировать проблемный кейс. Перед аудиторией был поставлен концептуальный вопрос о морфологических предикторах выживания организмов в экстремальной среде.

2 Стадия «Explore» (Исследовательская): Групповая работа студентов была сосредоточена на проектировании теоретической модели биологического объекта. В чек-лист разработки вошли критические параметры: архитектура сердца, тип циркуляционной системы, биохимический состав транспортной жидкости и механизмы иммунного ответа. Данный этап позволил реализовать переход от постановки научной задачи к её многофакторному моделированию.

3 Стадия «Explain» (Коммуникативно-объяснительная): Публичная презентация концептов способствовала отработке навыков академической риторики. Студенты аргументированно защищали выдвинутые гипотезы, обосновывая жизнеспособность созданных моделей.

4 Стадия «Elaborate» (Трансформационная): Процесс критической верификации проектов через введение дополнительных условий (переход к паразитическому образу жизни или гипоксии) стимулировал когнитивную гибкость и углубил понимание детерминированных связей между строением и функцией.

5 Стадия «Evaluate» (Рефлексивно-оценочная): Итоговая диагностика осуществлялась на основе пятибалльной шкалы дескрипторов, которая позволила верифицировать текущий уровень развития исследовательских компетенций каждого участника эксперимента.

Таблица 4 – Дескриптор уровней сформированности исследовательских умений

№	Критерий	Низкий уровень (1–2 балла)	Средний (3 балла)	Высокий (4–5 баллов)
1	Мотивационно – познавательный	Отсутствие или слабый интерес, выполнение по указанию	Проявляет интерес, частично участвует	Устойчивый интерес, самостоятельно формулирует вопросы
2	Когнитивно – аналитический	Фрагментарные знания, трудности анализа	Частичный анализ с неточностями	Системный анализ, установление связей
3	Операционально – исследовательский	Выполняет задания с помощью, нарушает последовательность	Работает по алгоритму	Самостоятельно планирует и выполняет деятельность
4	Рефлексивно – оценочный	Не оценивает результаты	Частично оценивает	Адекватно оценивает результаты и корректирует деятельность
5	Креативный	Шаблонные решения	Частичная оригинальность	Оригинальные идеи, гибкость мышления
6	Коммуникативный	Трудности в представлении; не взаимодействует в группе	Излагает с неточностями; частично взаимодействует в группе	Чёткая, логичная и аргументированная презентация; взаимодействует в группе

Примененный оценочный инструментариий базируется на синтезе количественных показателей и качественных характеристик, что позволяет реализовать дифференцированный мониторинг динамики исследовательских компетенций. Комбинация балльной системы с уровневой дескрипцией не только повышает объективность интерпретации полученных данных, но и полностью отвечает актуальным парадигмам педагогических измерений.

Апробация разработанных учебных модулей подтвердила гипотезу о системном положительном эффекте инструктивной модели 5Е на образовательный процесс. Эмпирическим путем установлено, что внедрение данной методики детерминирует рост качества усвоения материала. Эти выводы коррелируют с результатами ряда международных изысканий [2; 3], проявляясь в переходе студентов от репродуктивного заучивания к глубокому пониманию фундаментальных биологических закономерностей и их успешной экстраполяции на нестандартные академические задачи.

В процессе реализации практического и творческого компонентов обучения зафиксирована выраженная когнитивная трансформация: обучающиеся стали эффективнее оперировать

операциями анализа, компаративистики и синтеза при изучении живых систем. В частности, студенты продемонстрировали высокий уровень владения навыком установления детерминированных связей между морфологией и физиологией гемодинамического аппарата, аргументированно объясняя векторы его филогенетического развития. Интенсификация познавательной деятельности также нашла отражение в коммуникативной активности: участились случаи выдвижения проблемных вопросов и выстраивания доказательной базы в ходе дискуссий.

Результаты диагностики, проведенной по разработанной 5-балльной шкале, показали следующее распределение уровней сформированности исследовательских умений: из 8 студентов у 4 обучающихся (50%) выявлен средний уровень, у 4 студентов (50%) - высокий уровень. Низкий уровень не был зафиксирован. Средний суммарный балл по группе составил 23,5 из 30 возможных, что соответствует высокому уровню сформированности исследовательских умений. Полученные данные свидетельствуют о том, что большинство студентов достигли продуктивного уровня познавательной деятельности, продемонстрировав:

- способность к моделированию биологических систем;
- умение аргументировать выбор решений;
- готовность к рефлексии и корректировке своей деятельности.

Проведенное исследование подтверждает высокую эффективность модели 5Е при изучении биологических дисциплин. Установлено, что её применение способствует:

- формированию исследовательских компетенций [3; 4];
- развитию системного и эволюционного мышления;
- углубленному пониманию биологических процессов.

Полученные результаты свидетельствуют, что применение модели 5Е позволило студентам не просто заучить классификацию кровеносных систем, а освоить принципы эволюционной морфологии и физиологии [5; 6]. Обучающиеся научились прогнозировать адаптации кровеносной системы в зависимости от экологической ниши, что является ключевым навыком современного биолога-исследователя.

ЛИТЕРАТУРА

1 Bybee R. W., Taylor J. A., Gardner A., Van Scotter P., Carlson Powell J., Westbrook A., Landes N. The BSCS 5E instructional model:

origins and effectiveness. - Colorado Springs: BSCS, 2006. – P. 130. [на англ. яз.]

2 Koyunlu Ünlü Z., Dokme I. A systematic review of the 5E model in science education // International Journal of Science Education. - 2022. - Vol. 44, № 12. - P. 1925-1945. [на англ. яз.]

3 Polanin J. R., Lynch S. J., Tanner-Smith E. E. A meta-analysis of the effectiveness of the 5E instructional model // Educational Evaluation and Policy Analysis. – 2024. - Vol. 46, № 1. – P. 3-25. [на англ. яз.]

4 Strat T. T. S., et al. Inquiry-based learning in science education: a systematic review // Studies in Science Education. - 2024. - Vol. 60, № 1. – P. 1-30. [на англ. яз.]

5 Ruppert E. E., Fox R. S., Barnes R. D. Invertebrate zoology. - 7th ed. – Belmont: Brooks/Cole, 2004. – P. 963. [на англ. яз.]

6 Brusca R. C., Brusca G. J. Invertebrates. - 2nd ed. - Sunderland: Sinauer Associates, 2003. – P. 936. [на англ. яз.]

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ MENTHA SPICATA L

КАНАТБЕК Д. Д.

магистрант, «Медицинский университет Астана, г. Астана

ЕСКЕЛЬДИНОВА Ж. К.

к.х.н., доцент кафедры биохимии,

Медицинский университет Астана, г. Астана

АТИМТАЙҚЫЗЫ А.

к.б.н., доцент кафедры фармацевтических дисциплин,

Медицинский университет Астана, г. Астана

Mentha spicata L. (мята колосистая) является многолетним травянистым растением семейства Lamiaceae, широко распространённым в умеренных и субтропических регионах мира и характеризующимся типичными макроскопическими признаками, такими как четырёхгранный стебель, супротивное расположение продолговато-ланцетных листьев и колосовидные соцветия. Важной особенностью данного вида является наличие эфиромасличных железок, придающих растению характерный аромат и служащих диагностическим признаком [1]. Лекарственные растения, такие как *Mentha spicata* L., рассматриваются как важный объект фармакогностических исследований, направленных на установление подлинности и качества растительного сырья на

основе внешних морфологических признаков. Макроскопические характеристики растения позволяют осуществлять достоверную идентификацию лекарственного растительного сырья на основе совокупности внешних морфологических признаков, включая форму, размеры, окраску, текстуру и особенности поверхности, визуально определяемые без применения оптических приборов. Эти признаки могут различаться в зависимости от климатических условий, почвы и культурного статуса растения, что делает их изучение особенно актуальным для стандартизации сырья. *Mentha spicata* L. находит широкое применение в медицинской практике, что обуславливает необходимость систематизации макроскопических признаков растений в разных регионах произрастания. Несмотря на имеющиеся данные, сведения о макроскопических признаках остаются недостаточно систематизированными, что обосновывает актуальность данного исследования [2].

Целью исследования является систематизация макроскопических признаков мяты колосистой (*Mentha spicata* L.) в зависимости от региона произрастания.

В ходе исследования был проведён анализ литературных данных, посвящённых макроскопическим признакам *Mentha spicata* L. Поиск и отбор источников осуществлялся с использованием международных научных баз данных, таких как PubMed, Scopus и Web of Science. В выборку включались статьи с информацией о внешних морфологических характеристиках растения в различных регионах. Отобранные источники были систематизированы и проанализированы сравнительным методом, что позволило выявить особенности морфологии и вариативность растения в разных регионах.

Анализ литературных данных показал, что макроскопические признаки *Mentha spicata* L. варьируют в зависимости от географических условий произрастания и культурного статуса растения (естественное произрастание, интродукция или культивирование). В Западной и Южной Европе (Германия, Франция, Италия, Испания, Португалия, Швейцария, Австрия, Греция, Балканский полуостров, Сицилия, Сардиния) растения растут как в естественных, так и в культурных условиях, достигают 30–100 см в высоту, стебли прямостоячие и четырёхгранные, листья продолговато-ланцетные с зубчатым краем, соцветия плотные и колосовидные. Они обладают спазмолитической активностью и положительно влияют на пищеварение. В Восточной и Северной Европе (Польша, Чехия, Словакия, Украина, Румыния, Венгрия,

Швеция) растения преимущественно многолетние корневищные, листья гладкие или слабо опушённые, соцветия формируют плотные колосовидные кисти, а фармакологическая активность выражается антисептическим эффектом [3].

В регионах Малой Азии и Ближнего Востока (Турция - европейская часть, Иран, Ирак, Сирия, Ливан, Палестина) растения предпочитают влажные места, листья имеют хорошо развитые эфиромасличные железки, что обеспечивает противовоспалительные свойства. В Центральной и Южной Азии (Афганистан, Пакистан, Непал, Индия, Западный Гималай, Тибет) листья тонкие, аромат мягкий, ментол выражен слабо, стебли и соцветия умеренной длины, а растения проявляют карминативную активность. В Восточной Азии (Китай, Япония) растения растут как культурные и естественные, цветки бело-фиолетовые, формируются мелкие колосовидные соцветия, наблюдается антимикробная активность [4].

Интродуцированные растения в Северной и Южной Америке, Африке и Океании характеризуются быстрым ростом и высокой адаптивностью к местным условиям. В Северной Америке (США, Канада) они размножаются вегетативно, имеют прямостоячие стебли и густые колосовидные соцветия, проявляя антисептические и ароматизаторные свойства. В Южной Америке (Аргентина, Бразилия, Мексика) растения формируют высокую биомассу и обладают антимикробной активностью, а в Африке (Марокко, Алжир, Тунис, Ливия, Египет) листья средних размеров, эфирное масло богато карвоном, проявляется спазмолитический эффект. В Океании (Новая Зеландия, Тасмания) интродуцированные растения используются как эфиромасличные культуры и ароматизаторы. В Казахстане *Mentha spicata* L. культивируется в различных регионах (Алматы и окрестности, Балхаш, Восточный Казахстан — Алтай, Жетысу, Алатау, Кунгей Алатау), растения прямостоячие, корневищные многолетники, высотой 40–100 см, листья ланцетные, соцветия длинные колосовидные, проявляют спазмолитическое, карминативное и мягкое седативное действие [5].

В ходе анализа литературных данных выявлено, что макроскопические признаки *Mentha spicata* L. существенно варьируют в зависимости от географических условий произрастания, культурного статуса и климатических факторов. Растения из разных регионов отличаются высотой, формой и опушенностью стеблей и листьев, размерами и плотностью соцветий, а также выраженностью эфиромасличных железок. Эти различия могут

оказывать влияние на фармакологическое действие растений, что подтверждает необходимость учета региональных особенностей при идентификации и стандартизации растительного сырья.

Сравнение данных из разных стран показывает, что макроскопические характеристики *Mentha spicata* L. коррелируют с локальными условиями произрастания: в Европе растения чаще более высокие и с густыми колосовидными соцветиями, в Азии листья тонкие и аромат мягче, а в интродуцированных регионах отмечается быстрая адаптация и высокая биомасса. Это позволяет предположить, что макроскопический анализ может служить дополнительным инструментом для оценки качества сырья, прежде всего связанных с содержанием эфирных масел.

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что макроскопические признаки *Mentha spicata* L. растений варьируют в зависимости от региона произрастания. Эти данные могут быть использованы для стандартизации растительного сырья и разработки критериев идентификации, что важно для обеспечения качества и безопасности лекарственных средств на основе мяты колосистой.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Lawrence B. Mint: The Genus *Mentha*. – Boca Raton: CRC Press, 2007. – 556 p.
- 2 Mahboubi M. *Mentha spicata* L.: phytochemistry and pharmacological properties. Journal of Ethnopharmacology. doi:10.1016/j.jep.2013.08.060
- 3 Kokkini S., Karousou R. Essential oil composition and geographical variation of *Mentha spicata*. Industrial Crops and Products. doi:10.1016/j.indcrop.2010.06.012
- 4 Chauhan R.S. et al. Environmental and genetic influence on growth and essential oil composition in *Mentha* species. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. doi:10.1007/s11101-012-9270-1
- 5 Mahboubi M. *Mentha spicata* L.: phytochemistry and pharmacological properties. Journal of Ethnopharmacology. doi:10.1016/j.jep.2013.08.060

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ *CYCLACHAENA XANTHIIFOLIA*)

ТУСУППАЕВА У. О.

магистрант, Торайгыров университета, г. Павлодар

В условиях глобализации и интенсификации хозяйственной деятельности проблема распространения чужеродных (адвентивных) видов растений приобретает всё большее экологическое и хозяйственное значение. Биологические инвазии рассматриваются как один из ведущих факторов трансформации природных и антропогенно-нарушенных экосистем, уступая по масштабу воздействия лишь разрушению местообитаний.

Павлодарская область, расположенная в степной зоне северо-востока Казахстана, характеризуется высокой степенью антропогенной трансформации территории. Развитое сельское хозяйство, транспортная инфраструктура, промышленное освоение и урбанизация создают благоприятные условия для проникновения и распространения адвентивных растений. В этих условиях особую опасность представляют инвазивные сорные виды, способные быстро расселяться и трансформировать структуру растительных сообществ.

Целью настоящей работы является анализ классификационных подходов к адвентивным видам растений и оценка их применения на примере флоры Павлодарской области с акцентом на инвазивный вид *Cyclachaena xanthiifolia*.

Работа основана на анализе отечественных и зарубежных литературных источников по проблеме адвентивной флоры и биологических инвазий, а также на обобщении результатов полевых наблюдений за распространением *Cyclachaena xanthiifolia* в различных типах местообитаний Павлодарской области. Использованы общепринятые подходы инвазионной экологии и геоботаники, включая классификации адвентивных растений, предложенные В. Н. Сукачёвым, Я. Корнасем и D. M. Richardson с соавторами.

В научной литературе адвентивные виды растений классифицируются по нескольким основным критериям: времени

заноса, степени натурализации, способу проникновения и инвазионной активности.

По времени заноса выделяют археофиты и неофиты. Археофиты проникли на территорию региона до Нового времени и в настоящее время устойчиво включены в агроценозы. К ним относятся такие виды, как *Capsella bursa-pastoris* и *Chenopodium album*. Неофиты, напротив, появились сравнительно недавно (в XIX–XX вв.) и характеризуются высокой динамичностью распространения. Именно среди них сосредоточено большинство инвазивных видов Павлодарской области, включая *Cyclachaena xanthiifolia*.

Исследование данной проблемы проведено на территории населённых пунктов Луганск, Богдановка и Акқұдық Луганского сельского округа.

Основная деятельность была связана с взаимодействием с местными жителями, сотрудниками акимата, школ, домов культуры, а также с наблюдениями на территории сел Луганск - 807 га, Богдановка - 1027 га

Акқұдық - 107 га, подверженной заселению инвазивными видами растений (например: амброзия полыннолистная, циклахена дурнишниковидная, горчак розовый и др.).

Территория, выбранная для исследования расположена в зоне умеренно-континентального климата, характерного для Павлодарской области. Регион отличается значительными сезонными колебаниями температуры: зимы холодные и продолжительные, средняя температура января составляет –15...–20 °С, а лето тёплое и сухое, средняя температура июля достигает +20...+25 °С. Годовое количество осадков невелико — около 250–350 мм, большая часть которых выпадает весной и осенью.

Преобладающие ветры — северо-западные и юго-западные, что способствует переносу семян инвазивных растений на большие расстояния. Почвы в районе практики представлены чернозёмами и каштановыми, местами встречаются солонцы и участки с нарушенным почвенным покровом, особенно вдоль дорог, пустырей и вблизи хозяйственных построек. Растительный покров территории сочетает элементы степной и лесостепной флоры, однако в последние годы наблюдается активное заселение инвазивными видами, такими как амброзия полыннолистная, циклахена дурнишниковидная, горчак розовый. Это связано с антропогенными нарушениями, регулярным перемещением сельхозтехники, отсутствием систематического ухода за пустырями

и обочинами, а также с изменением климата, способствующим расширению ареала теплолюбивых и засухоустойчивых видов.

Выбор данной зоны позволил реализовать комплекс подход к изучению проблемы: сочетать теоретические знания с практическими навыками, мониторинга и организации мероприятий по борьбе с инвазивными видами. В результате были выявлены основные очаги засорения, определены наиболее уязвимые территории, оценена эффективность информирования и вовлечения населения, а также апробирован алгоритм действий по сокращению численности инвазивных растений, классифицированы инвазивные сорные растения.

По степени натурализации адвентивные растения подразделяются на эфемерофиты, колонофиты, эпектофиты и агриофиты. Наиболее экологически опасной группой являются агриофиты, способные проникать в полуестественные и естественные фитоценозы. В условиях Павлодарской области *Cyclachaena xanthiifolia* проявляет признаки агриофита, активно внедряясь в степные и пойменные сообщества.

По способу заноса различают ксенофиты и эргазиофиты. Большинство сорных инвазивных растений региона относится к ксенофитам, занесённым случайно с транспортом, семенным материалом и сельскохозяйственной продукцией.

С точки зрения инвазионной активности адвентивные виды подразделяются на неинвазивные, потенциально инвазивные и инвазивные. *Cyclachaena xanthiifolia* относится к последней группе, так как характеризуется высокой скоростью роста, значительной семенной продуктивностью и способностью формировать плотные моnodоминантные ценопопуляции.

Cyclachaena xanthiifolia — однолетний сорный вид североамериканского происхождения, широко распространившийся во вторичном ареале. В Павлодарской области он приурочен преимущественно к антропогенно нарушенным экотопам: обочинам дорог, пустырям, окраинам населённых пунктов, агроценозам и пойменным участкам.

Успешность экспансии вида обусловлена сочетанием биологических особенностей (высокая экологическая пластичность, семенная продуктивность, способность формировать почвенный банк семян) и природно-климатических условий региона. Резко континентальный климат и дефицит влаги ограничивают конкуренцию со стороны аборигенных мезофильных видов, тогда

как локально увлажнённые и нитрофильные местообитания создают благоприятные условия для развития циклахены.

Проведённый анализ показал, что адвентивная фракция флоры Павлодарской области представлена преимущественно неофитами, среди которых значительную долю составляют инвазивные виды. Применение многоаспектной классификации адвентивных растений позволяет объективно оценивать степень инвазионной опасности отдельных видов и прогнозировать их дальнейшее распространение.

Cyclachaena xanthiifolia является одним из наиболее агрессивных инвазивных сорных растений региона, оказывающим существенное влияние на структуру растительных сообществ и агроэкосистем. Изучение особенностей его распространения и экологии имеет важное значение для разработки эффективных мер мониторинга и контроля инвазивных видов в Павлодарской области.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сукачёв В. Н. Основы учения о фитоценозе. — М.–Л.: АН СССР, 1940.
- 2 Kornaś J. Geographical–historical classification of synanthropic plants. // Materiały Zakładu Fitosocjologii Stosowanej UW. 1968.
- 3 Richardson D. M., Pyšek P., Rejmánek M. et al. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. // Diversity and Distributions. 2000.
- 4 Матвеев Н. М., Мозговая О. С. Биология циклахены дурнишникалистной // Вестник Самарского университета. 2000.
- 5 Абрамова Л. М. Инвазивные растения Южного Урала. — Уфа: БашГУ, 2003.

ОРТА МЕКТЕП БИОЛОГИЯСЫНДА ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БІЛІМ МЕН ТӘРБИЕНІ ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ӘДІСНАМАЛЫҚ ЖӘНЕ ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗДЕРІ

ШАЙЗАДАЕВА Ф. С.
магистрант, Шерхан Мұртаза атындағы Халықаралық
Тараз Университеті, Тараз қ.
ЖУМАГУЛОВА К. А.
п.ғ.к., доцент, Шерхан Мұртаза атындағы
Халықаралық Тараз Университеті, Тараз қ.

Қазіргі кезеңде адамзат өркениетінің дамуы табиғи ресурстарды қарқынды пайдаланумен және антропогендік жүктеменің артуымен сипатталады. Осыған байланысты білім беру жүйесінің алдында экологиялық сауатты, табиғатқа жауапкершілікпен қарайтын тұлға қалыптастыру міндеті тұр. Орта мектептегі биология пәні экологиялық білім берудің ғылыми негізін құрайды. Экология ғылымының негізін салушылардың бірі – Эрнст Геккель – тірі ағзалардың қоршаған ортамен байланысын зерттеудің маңызын атап көрсеткен. Бүгінгі күні экологиялық білім беру тек ғылыми ақпарат берумен шектелмей, тұлғаның құндылық бағдарын, мінез-құлық мәдениетін қалыптастыруды көздейді

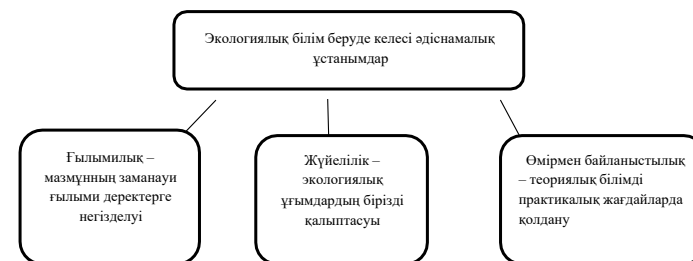
Зерттеудің мақсаты мен міндеттері

Зерттеудің мақсаты – орта мектеп биологиясында экологиялық білім мен тәрбиені қалыптастырудың әдіснамалық және әдістемелік негіздерін айқындау. Міндеттері: экологиялық білімнің теориялық негіздерін талдау, мазмұн құрылымын анықтау, тиімді әдістерді негіздеу.

экологиялық білімнің теориялық-әдіснамалық негіздері

Экологиялық білім берудің іргетасы – биосфера туралы тұжырымдама. Биосфера ұғымын ғылыми тұрғыда дамытқан Владимир Вернадский адамзаттың табиғи процестерге ықпалын ерекше атап көрсетті. Оның ноосфера идеясы экологиялық сананы қалыптастырудың философиялық негізіне айналды. Бұл тұрғыда оқушылар табиғатты жеке объектілер жиынтығы емес, өзара байланысқан біртұтас жүйе ретінде қабылдауы тиіс.

Қазіргі экологиялық білім берудің басты бағыттарының бірі – тұрақты даму идеясы. United Nations бастамасымен ұсынылған бұл тұжырымдама табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану мен болашақ ұрпақ мүддесін қорғауды көздейді. Экологиялық білім беру осы қағидаларды мектеп бағдарламасына енгізу арқылы жүзеге асырылады.



Кесте 2 – Орта мектеп биология курсынағы экологиялық мазмұны

Экологиялық ұғымдар мектеп бағдарламасында біртіндеп күрделенуі	
5-6 сынып	• тіршілік ортасы (су, құрлық-ауа, топырақ, ағзаішілік орта); • орта факторлары (абиотикалық, биотикалық, антропогендік); • ағзалардың ортаға бейімделуі; • табиғаттағы маусымдық өзгерістер
7-8 сынып	• популяция ұғымы; • түр және оның экологиялық сипаттамасы; • қоректік тізбек пен тор; • биоценоз; • экожүйе құрылымы; • зат және энергия айналымы қарастырылады.
9 сынып	• биосфера және оның шекаралары; • биосферадағы тірі заттың рөлі; • жаһандық экологиялық проблемалар; • табиғатты қорғау шаралары; • Қазақстандағы экологиялық аймақтар мәселесі
10-11 сынып	• ғаламдық жылыну; • климаттың өзгеруі; • озон қабатының жұқаруы; • биоалуантүрліліктің азаюы; • тұрақты даму тұжырымдамасы; • экологиялық қауіпсіздік; • адам экологиясы.

Орта мектеп биологиясында экологиялық білім берудің мазмұны

Жалпы білім беретін мектептерде биология пәнін оқыту барысында экологиялық білім беру ерекше маңызға ие. Бұл бағыт оқушыларға табиғи жүйелердің құрылымы мен қызметін түсіндірумен қатар, олардың қоршаған ортаға саналы және жауапкершілікпен қарауын қалыптастыруға мүмкіндік береді. Экологиялық білім беру мазмұны тірі ағзалардың қоршаған ортамен байланысын, табиғи жүйелердің тұрақтылығын және адам

әрекетінің табиғатқа тигізетін әсерін ғылыми тұрғыда қарастыруды қамтиды. Орта мектеп деңгейінде экологиялық білім беру биология пәнінің әртүрлі бөлімдері арқылы жүзеге асырылады. Бұл мазмұн оқушылардың табиғаттағы күрделі процестерді түсінуіне және табиғи ресурстарды тиімді пайдаланудың маңызын ұғынуына бағытталған. Табиғат компоненттерінің өзара байланысын түсіндіру. Экологиялық білімнің негізгі мазмұндық бағыттарының бірі – табиғат компоненттерінің өзара байланысын түсіндіру. Табиғи орта көптеген элементтердің бір-бірімен тығыз байланыста әрекет етуі арқылы қалыптасатын күрделі жүйе болып табылады. Сондықтан биология сабақтарында оқушылар тірі және өлі табиғат факторларының өзара әсерін зерттейді.

Биология пәніндегі экологиялық білім мазмұнының маңызды бөлігінің бірі – экожүйелер туралы түсінік қалыптастыру. Экожүйе – тірі ағзалар мен олардың тіршілік ортасының өзара әрекеттесуінен қалыптасатын табиғи жүйе. Оқушылар экожүйелердің негізгі компоненттерімен танысады. Олар: продуценттер – органикалық заттарды түзетін жасыл өсімдіктер; консументтер – дайын органикалық заттармен қоректенетін жануарлар; редуценттер – органикалық қалдықтарды ыдырататын микроорганизмдер. Экожүйеде энергия ағыны мен зат айналымы үздіксіз жүріп отырады. Бұл процестер табиғаттағы экологиялық тепе-теңдікті сақтауға мүмкіндік береді. Биология сабақтарында орман, дала, шөл және су экожүйелері мысал ретінде қарастырылып, олардың ерекшеліктері талданады.

Орта мектеп биологиясында экологиялық білім мен тәрбиені қалыптастыру – ғылыми негізделген педагогикалық үдеріс. Биология пәні арқылы оқушылардың экологиялық санасы, жауапкершілік сезімі және табиғатты қорғау дағдылары дамиды. Орта мектеп биология курсындағы экологиялық мазмұн оқушыларға табиғи жүйелердің өзара байланысын, экожүйелердің қызмет ету заңдылықтарын және адам әрекетінің қоршаған ортаға әсерін түсіндіруге бағытталған. Экологиялық білім біртіндеп, қарапайым ұғымдардан күрделі ғылыми түсініктерге қарай дамиды. Бұл білім мазмұны оқушылардың жас ерекшеліктеріне сәйкес құрылып, тірі ағзалар мен олардың тіршілік ортасы, экожүйелердің құрылымы, биосфера және жаһандық экологиялық мәселелер туралы түсініктерді қамтиды. Экологиялық білім берудің әдіснамалық негізі табиғаттың біртұтастығы, жүйелілік және тұрақты даму идеяларына сүйенеді. Биосфера туралы ілімді дамытқан Владимир

Вернадский табиғат пен қоғамның өзара байланысын ғылыми тұрғыда негіздеп, экологиялық дүниетанымның қалыптасуына үлкен үлес қосты. Сонымен қатар экология ғылымының негізін салған Эрнст Геккель еңбектері табиғаттағы тірі ағзалардың қоршаған ортамен байланысын түсіндіруде маңызды теориялық база болып табылады. Экологиялық білім мен тәрбиені қалыптастыруда тиімді педагогикалық әдістерді қолдану ерекше мәнге ие. Сабақ барысында проблемалық оқыту, жобалық жұмыс, зерттеу әдістері, далалық бақылаулар және интерактивті технологиялар пайдалану оқушылардың танымдық белсенділігін арттырады. Мұндай тәсілдер оқушыларға тек теориялық білім беріп қана қоймай, табиғатты қорғау бағытындағы практикалық әрекеттерге қатысуға мүмкіндік береді. Жалпы алғанда, орта мектеп биологиясында экологиялық білім мен тәрбиені тиімді ұйымдастыру оқушылардың экологиялық құзыреттілігін қалыптастыруға мүмкіндік береді. Мұндай құзыреттілік табиғатты қорғауға саналы қатынас жасауға, экологиялық мәселелерді түсініп, оларды шешуге белсенді атсалысуға бағытталған. Сондықтан мектеп биологиясында экологиялық мазмұнды тереңдету, оқыту әдістерін жетілдіру және практикалық бағыттылықты күшейту – қазіргі білім беру жүйесінің маңызды міндеттерінің бірі болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Қалиев С. Экологиялық білім және тәрбие негіздері. – Алматы, 2018.
- 2 Аймағамбетов Б. Биологияны оқыту әдістемесі. – Алматы, 2017.
- 3 Одум Ю. Экология негіздері. – Мәскеу, 2016.
- 4 ҚР Білім беру стандарты. Жалпы орта білім беру бағдарламасы. – Астана, 2020.
- 5 Сәтімбеков Р. Биологияны оқыту әдістемесі. – Алматы, 2019.
- 6 Биология пәнінен жалпы білім беретін мектептің 6–11 сыныптарына арналған оқу бағдарламасы. – Алматы: БІ.Алтынсарин атындағы ҰБА, 2020.
- 7 UNESCO. Education for Sustainable Development: Learning Objectives. – Paris, 2017.
- 8 United Nations. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. – New York, 2015.
- 9 Smith T., Smith R. Ecology and Field Biology. – New York: Pearson, 2015

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ИИ) НА УРОКАХ БИОЛОГИИ В ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТАХ

ШИЖБАНОВА А. М.

Учитель биологии, СОШ имени К. Макпалеева, г. Павлодар

Цель данной идеи - рассмотреть способы и методы использования ИИ на уроках биологии, проанализировать уже существующие образовательные платформы и технологии, а также обсудить перспективы дальнейшего внедрения ИИ в школьное образование.

Как учитель биологии с 18-летним стажем, глубоко убеждена в том, что использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) открывает беспрецедентные возможности для улучшения качества образования. Особенно это актуально для таких естественнонаучных дисциплин, как биология, где наглядность, моделирование и интерактивность играют решающую роль в понимании сложных концепций, лабораторно-практических работах.

В своей педагогической практике я активно применяю разнообразные интерактивные инструменты, которые позволяют сделать формативное оценивание и лабораторно-практические работы более эффективными и интересными, а также сам процесс обучения более увлекательным.

На сегодняшний день актуальна платформа ROQET, где 3D-модели позволяют рассмотреть молекулы и клетки со всех сторон, изучить их структуру и взаимодействие с другими веществами или клетками. Здесь же есть готовые задания, либо можно создать задания для формативного оценивания самим. Например, по теме «Клетка» задание собрать модель или произвести соответствие термина с объектом.

Для формативного оценивания знаний и повышения мотивации я активно использую онлайн-платформы, такие как Umaigra. Эта платформа предлагает широкий спектр возможностей для создания интерактивных заданий и игр.

Викторины и тесты с различными типами вопросов: от простых вопросов с выбором ответа до сложных задач, требующих развернутого ответа, кроссворды и головоломки для закрепления терминологии, использование игровых элементов делает процесс запоминания терминов более увлекательным и эффективным, игры

на сопоставление и идентификацию. Эти игры помогают ученикам лучше усвоить взаимосвязи между различными понятиями и явлениями. Возможность создания персонализированных заданий, то есть я могу адаптировать задания под уровень подготовки каждого ученика.

Технологии ИИ, такие как ChatGPT и Gemini, также находят широкое применение в образовательном процессе: ChatGPT использую для генерации учебных материалов, он помогает мне в создании вопросов, заданий, тестов для формативного оценивания, Gemini обладает расширенными возможностями визуализации и может адаптировать визуальный стиль учебных материалов под индивидуальные потребности каждого ученика.

Использование данных технологий позволило моим учащимся участвуя в конкурсах занять призовые места.

С развитием технологий искусственного интеллекта (ИИ) открываются новые горизонты в образовании, позволяя значительно повысить качество и эффективность учебного процесса. Это особенно актуально для преподавания таких дисциплин, как биология, где объем материала, сложность концепций и необходимость применения практических навыков требуют использования инновационных методов обучения. Внедрение ИИ на уроках биологии способствует не только лучшему пониманию сложных биологических процессов, но и подготовке учеников к вызовам, которые ставит перед ними современный мир науки.

Сегодня многие учебные заведения используют инновационные технологии в образовательной среде. В том числе виртуальные лабораторные работы по биологии, так как многие явления и эксперименты образовательного характера в условиях учебного заведения очень сложно, а зачастую и невозможно – отсутствуют соответствующие условия, оборудование, реактивы. Лабораторными и практическими работами биология в рамках образовательного предмета изобилует.

Использование интерактивных работ способствует приобретению навыков использования лабораторного оборудования и проведению самостоятельных наблюдений в процессе выполнения лабораторных работ, а также формированию естественнонаучного знания.

Преимуществами виртуальных лабораторных работ являются: возможность использования виртуальной лаборатории в дистанционном обучении, возможность моделирования процессов, протекание которых принципиально невозможно в школьных

лабораторных условиях, отсутствие необходимости приобретения дорогостоящего оборудования и реактивов, экономия времени на уроке, безопасность.

1. Роль искусственного интеллекта в образовательном процессе

ИИ — это набор технологий, которые позволяют машинам учиться, адаптироваться и выполнять задачи, требующие умственных усилий. В сфере образования ИИ предлагает следующие ключевые преимущества:

Персонализированное обучение: ИИ помогает адаптировать учебный процесс к потребностям каждого ученика. Алгоритмы могут анализировать успехи каждого учащегося и предлагать дополнительные материалы, соответствующие его уровню знаний и интересам.

Интерактивность: системы, использующие ИИ, позволяют создавать интерактивные и динамичные учебные материалы, которые способствуют более глубокому вовлечению учащихся в процесс обучения. Например, виртуальные лаборатории и симуляторы позволяют учащимся исследовать биологические процессы в безопасной и контролируемой среде.

Автоматизация оценки: ИИ может автоматизировать процесс оценки знаний учащихся. Это включает в себя автоматическое тестирование, анализ ответов и предоставление рекомендаций по улучшению понимания материала. Использование ИИ в этом контексте помогает учителям оперативно получать обратную связь и принимать более обоснованные решения о дальнейшей индивидуальной работе с учащимися.

Анализ больших данных: ИИ предоставляет возможности для анализа больших объёмов биологических данных, что помогает как учителям, так и ученикам выявлять закономерности и особенности, которые могут быть неочевидны при использовании традиционных методов анализа. Например, ИИ может анализировать геномные данные или экосистемные модели, помогая студентам осваивать современные методы научных исследований.

2. Виртуальные лаборатории и симуляции

Виртуальные лаборатории и симуляторы, созданные с помощью ИИ, позволяют учащимся проводить эксперименты, которые невозможно провести в реальных условиях из-за ограничений по времени, пространству или стоимости. Например, в виртуальной лаборатории учащиеся могут исследовать процессы фотосинтеза, клеточного деления или даже моделировать экосистемы.

Примеры:

PhET Interactive Simulations (Университет Колорадо в Боулдере) — онлайн-симуляции для изучения физических и биологических процессов. С помощью этих симуляций учащиеся могут, например, наблюдать за поведением клеток или изучать экологические процессы.

Labster - это виртуальная лаборатория, которая позволяет учащимся проводить эксперименты по биологии, химии и другим наукам. Она использует ИИ для анализа данных и корректировки учебных сценариев.

Эти инструменты позволяют не только демонстрировать сложные биологические процессы, но и проводить опыты с высокой точностью, что невозможно реализовать в реальных условиях школьной лаборатории.

3. Адаптивные обучающие системы

Адаптивные системы, использующие ИИ, могут автоматически подстраивать учебный контент под уровень знаний учащихся. Это особенно важно в таких областях, как биология, где необходимо усваивать большие объёмы информации и связывать разные концепции. ИИ анализирует ответы учащегося, выявляет пробелы в знаниях и предлагает дополнительные материалы.

Примеры:

Khan Academy - платформа, использующая ИИ для создания персонализированных образовательных траекторий. Несмотря на то, что Khan Academy ориентирована в первую очередь на математику и химию, технологии адаптивного обучения могут быть успешно применены и в биологии.

Socratic от Google - мобильное приложение, которое использует ИИ для помощи учащимся в решении научных задач. Оно может анализировать вопросы по биологии, предлагая не только ответы, но и пояснения.

4. Интеллектуальные чат-боты и виртуальные помощники

ИИ-системы, такие как чат-боты и виртуальные помощники, могут значительно улучшить взаимодействие учеников с учебным материалом. На уроках биологии чат-боты могут выступать в роли помощников, отвечающих на вопросы, объясняющих сложные термины или предоставляющих дополнительные материалы.

Пример:

IBM Watson - один из самых известных виртуальных помощников, который можно использовать для создания

образовательных приложений. На платформе Watson можно разрабатывать индивидуальные учебные программы по биологии, использовать инструменты для автоматической оценки и анализа знаний учеников.

5. Образовательные игры и геймификация

Использование игровых элементов в обучении (геймификация) также находит применение в биологии. Виртуальные игры, в которых учащиеся решают задачи, связанные с биологическими процессами или исследованиями, могут сделать обучение более увлекательным и эффективным.

Пример:

Есо - это многопользовательская игра, в которой игроки создают экосистему и решают экологические проблемы, изучая биологию в игровом контексте. ИИ анализирует действия игроков и создаёт адаптивные сценарии, соответствующие их уровню знаний.

6. Технологии, поддерживающие внедрение ИИ в биологическое образование

Для эффективного внедрения ИИ в образовательный процесс важно использовать современные технологические решения:

Облачные платформы, такие как Google Cloud AI и Amazon Web Services, предоставляют доступ к мощным вычислительным ресурсам и алгоритмам для создания образовательных приложений и сервисов.

Интерактивные доски и мобильные устройства — устройства, поддерживающие ИИ, такие как интерактивные доски и планшеты, помогают интегрировать ИИ в традиционный процесс обучения.

Мобильные приложения — современные мобильные приложения, использующие ИИ, становятся удобным инструментом для школьников, позволяя им учиться в любое время и в любом месте. Например, приложения для изучения анатомии или экологии, использующие дополненную реальность и ИИ, могут значительно улучшить понимание биологических концепций.

7. В Перспективы и вызовы внедрения ИИ образование

Хотя ИИ открывает новые возможности для образовательного процесса, существует ряд вызовов, которые могут замедлить его внедрение:

Необходимость подготовки преподавателей: Учителя должны быть готовы работать с новыми технологиями, что требует дополнительной подготовки и повышения квалификации.

Доступность технологий: Внедрение ИИ в учебный процесс требует значительных финансовых затрат на оборудование и программное обеспечение.

Этические и юридические вопросы: вопросы конфиденциальности данных и обеспечения безопасности информации остаются актуальными при использовании ИИ в образовании.

В заключение хочу подчеркнуть, что ИИ предоставляет учителям уникальные возможности для улучшения качества уроков биологии. Однако успешное внедрение этих технологий требует комплексного подхода, включающего подготовку педагогов, доступ к необходимым ресурсам и постоянное обновление знаний. Применение ИИ в образовательный процесс требует от учителя не только технических навыков, но и готовности к постоянному саморазвитию и освоению новых методик. Таким образом, использование ИИ не только облегчило работу, но дало возможность собрать свою базу заданий для формативного оценивания и лабораторно-практических работ по биологии. Использование искусственного интеллекта на уроках биологии открывает огромные возможности для повышения качества образования, а также для создания персонализированных и интерактивных учебных материалов. Технологии виртуальных лабораторий, адаптивных обучающих систем, чат-ботов и образовательных игр помогут учащимся глубже понять биологические процессы и их взаимосвязь. Однако для эффективного внедрения ИИ необходимо решить несколько технических и педагогических вопросов, таких как подготовка учителей и доступность технологий. В перспективе ИИ может значительно изменить подход к преподаванию биологии и других наук, сделав образование более доступным и персонализированным.

ЛИТЕРАТУРА

1 Документация и примеры использования платформы UmaiGra (доступна на официальном сайте <https://www.umaigra.com/>).

2 Документация по использованию платформы ChatGPT для образовательных целей (<https://openai.com>).

3 Руководство по использованию Avogadro (<https://avogadro.cc>).

4 D'Мелло, С. К., и Грессер, А. К. (2015). Интеллектуальные обучающие системы: обзор. Кембриджский справочник по исследованиям в области компьютерного образования, 543-568.

5 Кёдингер, К. Р., и Корбетт, А. Т. (2015). Когнитивные наставники: от исследований к практике. Международный журнал искусственного интеллекта в образовании, 19(1), 19-38.

6 Ли, Дж. Дж., и Хаммер, Д. (2011). Геймификация в образовании: что, как, зачем? Academic Exchange Quarterly, 15(2), 146-151.

7 Интерактивные симуляции PhET. (без даты). Университет Колорадо в Боулдере. Получено с <https://phet.colorado.edu/>.

Секция 20

**Денсаулық сақтау сұрақтарына заманауи көзқарастар
Современные подходы в вопросах здравоохранения**

ВВР-К РЕАКТОРЫ НЕГІЗІНДЕ СИРЕК ЖЕР ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ РАДИОНУКЛИДТЕРІНЕ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЯДРОЛЫҚ МЕДИЦИНАДАҒЫ ТИІМДІЛІГІ

ИМАНБАЙ С. М.

физика пәнінің мұғалімі, «JOS» қаржы лицейі, Алматы қ.

Ядролық медицина – бұл диагностикалық және терапевтік мақсаттарда радиоактивті нуклидтерді қолдануға негізделген, қарқынды дамып келе жатқан пәнаралық сала [1]. Шамамен 3800 радиоактивті изотопты жасанды түрде ядролық реактордағы нейтрондармен немесе циклотрон мен үдеткіштердегі зарядталған бөлшектердің әсері арқылы алуға болады; олардың ішінде шамамен 200 радиоизотоптың медициналық қолданылу мүмкіндігі зерттелген, ал 50-ден азы клиникалық тәжірибеде тұрақты түрде қолданылады. Радиоизотоптардың басым бөлігі, яғни шамамен 90 %-ы диагностикалық мақсаттарға пайдаланылады. Диагностикалық және терапевтік сипаттағы медициналық процедуралардың басым көпшілігі дамыған елдерде жүргізіледі. Мәселен, АҚШ-та жыл сайын 311 миллион халықтың ішінде 20 миллионнан астам процедура жасалады, ал Еуропада 500 миллион халықтың ішінде шамамен 10 миллион процедура орындалады. Терапевтік мақсаттағы ядролық медицина әдістерін қолдануда Австралия алдыңғы орында тұр [2].

Радионуклидтік терапия онкологиялық ауруларға қарсы күрестегі өзекті бағыттардың бірі болып көп жылдан бері

қолданылып келеді, ал Қазақстан Республикасы үшін бұл ерекше маңызды, өйткені бұл әдісті пайдалану клиникалық тәжірибеге енді ғана енгізілуде. Радионуклидтік терапияның ерекшелігі – жоғары дәрежедегі нақтылық пен тиімділіктің аздаған жанама әсерлермен қатар жүруінде. Кейбір жағдайларда радонуклидтік терапияның баламасы жоқ [3].

Қазақстанда бұл сала қарқынды даму кезеңінде тұр. Атап айтқанда, 2021 жылдан бастап Ядролық физика институты (ЯФИ) йод-131 препаратын өндіруді жолға қойып, ұлттық формулярға енгізді. Дегенмен, тек бір ғана изотоппен шектелу онкологиялық аурулардың барлық спектрін қамтуға мүмкіндік бермейді. Осы орайда, сирек жер элементтерінің (СЖЭ) изотоптарын (^{153}Sm , ^{177}Lu , ^{166}Ho және т.б.) зерттеу және оларды ВВР-К реакторында алу мәселесі стратегиялық маңызға ие.

Терапиялық мақсатта қолданылатын радионуклидтер белгілі бір қатаң талаптарға сай болуы тиіс. Бұл таңдау биофизикалық және клиникалық факторларға негізделеді. Радионуклидтік терапияны жүргізу үшін радионуклидті таңдаудың критерийлері мыналар:

1) Ыдырау түрі – терапиялық процедураларды жүргізу үшін корпускулярлық сәуле шығаратын радионуклидтер қолданылады: α - және γ -сәуле шығарғыштар, сондай-ақ Оже-электрондары мен рентген сәулелерін шығарғыштар. Сонымен бірге шығарылатын сәулелену организмнің ұлпаларында бірнеше миллиметрге дейінгі (енгізу) жүгірудің сәйкес сызықтық энергия беру коэффициентіне ие болуы керек. Ал ыдыраудың туынды өнімдері қысқа мерзімді өмір сүруші немесе тұрақты болуы тиіс.

2) 70-тен 250 кэВ-қа дейінгі диапазондағы қосымша γ -сәулеленудің болуы – бұл оң фактор болып табылады, ол радиофармпрепаратты енгізгеннен кейін оның нақты орналасқан жерін анықтауға және емдеу процесін бақылауға мүмкіндік береді. Терапия үшін негізінен γ -сәуле шығарғыштар қолданылады. Бөлшектердің ұлпадағы жүру жолы (ену тереңдігі) олардың энергиясына байланысты. Төмен энергиялы -бөлшектер (мысалы, ^{177}Lu): 0.2–0.7 мм тереңдікке еніп, кішігірім метастаздарды емдеуге қолайлы. Жоғары энергиялы - бөлшектер (мысалы, ^{90}Y): үлкен көлемді ісіктерді жоюға қабілетті.

3) Жартылай ыдырау периоды қолайлы изотопты таңдау кезінде радионуклидті қажетті аймаққа жеткізуге арналған тасымалдаушы молекуланың фармакокинетикалық ерекшеліктері ескеріледі. Терапиялық әсері бар радиофармпрепараттар онкологиялық ошақта

жеткілікті уақыт сақталуы тиіс, сонда ғана сәулелену онкологиялық жасушаларды жоюға үлгереді. Егер жартылай ыдырау периоды тым қысқа болса, препарат ісікке жеткенше белсенділігін жоғалтады. Ал тым ұзақ болса, науқастың ағзасына артық радиациялық жүктеме түседі [4].

Сирек жер элементтері (СЖЭ) – периодтық жүйенің лантаноид тобына жататын металдар және иттрий мен скандийді қамтиды. Олар ядролық медицинада диагностика және терапия үшін маңызды ресурстарға айналып отыр. Сирек жер элементтерінің (СЖЭ) радиоактивті изотоптары заманауи ядролық медицинада, әсіресе онкологияда таңдаулы терапияны жүзеге асырудың перспективалық құралдарына айналып келеді. Олардың бірегей ядролық-физикалық қасиеттері ісік жасушаларын жоюда жоғары тиімділікті қамтамасыз етеді, сонымен бірге дені сау ұлпаларға тигізетін залалды азайтады [5].

Қазақстандағы ядролық медицинаның дамуында Алматы қаласының маңында орналасқан ВВР-К (су-сулы зерттеу реакторы) стратегиялық маңызға ие нысан болып табылады, өйткені ол бүгінгі таңда еліміздегі медициналық изотоптар өндірісінің негізгі әрі бірегей орталығына айналып отыр. Номиналды қуаты 10 МВт құрайтын бұл қондырғы өзінің жоғары тығыздықтағы жылулық нейтрондар ағыны (ϕ) арқасында сирек жер элементтерін белсендіруге қажетті оңтайлы физикалық ортаны қалыптастырады.

Реактордың активті аймағындағы арнайы вертикальды каналдар сирек жер элементтерінің нысаналарын ұзақ мерзімді сәулелендіруге мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде радиациялық қармау (β , γ) реакциясының тиімділігін арттырып, алынатын радионуклидтердің меншікті белсенділігін жоғарылатады. Атап айтқанда, ВВР-К реакторының техникалық мүмкіндіктері ^{137}Cs , ^{177}Lu және ^{166}Ho сияқты маңызды изотоптарды өндірудің толық циклін – нысананы дайындаудан бастап, оны активті аймақта сәулелендіру және кейіннен «ыстық камераларда» радиохимиялық тазарту кезеңдеріне дейін жүзеге асыруға жағдай жасайды.

Бұл технологиялық процесс тек изотоптарды алумен шектелмейді, сонымен қатар реактор жанындағы зертханалық кешендерде алынған өнімнің радионуклидтік тазалығын гамма-спектрометриялық әдістермен қатаң бақылауды да қамтиды. Осылайша, ВВР-К базасында өндірілетін радиофармпрепараттардың сапасы халықаралық стандарттарға сай болып, отандық онкологиялық орталықтарды шетелдік импортқа тәуелділіктен

арылтуға және қатерлі ісікті емдеудің қолжетімділігін арттыруға тікелей септігін тигізеді

СЖЭ радиоактивті изотоптарының ядролық-физикалық қасиеттерін талдау нәтижесінде (n, γ) реакциясы арқылы алынған барлық изотоптардың терапиялық мақсатта қолданылмайтыны анықталды. Мысалы, ^{46}Sc изотопы 550 кэВ-тен жоғары энергиялы қатты γ -сәулелену шығарады, оның шығымы 100 % құрайды. Бұл сау тіндерге қосымша радиациялық жүктеме әкеледі. Ал ядролық медицинада қолданылатын β -сәулелендіргіштердің терапиялық дозасы жоғары болып, науқас алған жалпы дозаға негізгі үлес қосатынын ескерсек, ^{46}Sc изотопын терапиялық мақсатта қолдану тиімсіз. Сондай-ақ, ^{152}mEu , ^{160}Tb , ^{142}Pr изотоптары да қатты γ -сәулеленуінің және 1 %-дан жоғары шығымының болуына байланысты радионуклидтік терапияда қолдануға жарамсыз.

Ал ^{169}Er изотопы 450 кэВ-тен төмен энергиялы β -сәулелену шығарады, сондықтан оның тіндердегі өту қашықтығы жеткіліксіз және терапиялық әсер бере алмайды. Керісінше, ^{90}Y изотопы 1750 кэВ энергиялы қатты γ -сәулелену шығарады, бірақ оның шығымы 0,02 % (1 %-дан аз), сондықтан терапияда қолдануға жарамды.

Осылайша, ^{166}Ho , ^{165}Dy , ^{90}Y , ^{175}Yb , ^{153}Sm , ^{177}Lu , ^{147}Nd , ^{170}Tm , ^{159}Gd және ^{141}Ce изотоптары онкологиялық ауруларды емдеуде пайдаланылуы мүмкін. Себебі бұл изотоптар іріктеу критерийлеріне сай келеді, атап айтқанда: β -сәулелендіргіштер болып табылады және энергиясы кемінде 450 кэВ; жартылай ыдырау кезеңі жеткілікті; қосымша γ -сәулелену 50–550 кэВ шегінде немесе энергиясы 550 кэВ-тен жоғары болса да, шығымы 1 %-дан аз [6].

Бүгінде Астана, Алматы және Семей қалаларында ядролық медицина орталықтары жұмыс істейді. Олардың ішіндегі ең ірілерінің бірі – Астана қаласындағы Ұлттық онкология ғылыми орталығы (ҰОҒО). Бұл орталықтарда жоғары технологиялық жабдықтар, соның ішінде Позитронды-эмиссиялық томография (ПЭТ) және компьютерлік томография (КТ) кешендері орнатылған. ПЭТ-КТ – қатерлі ісікті ерте сатыда анықтауға мүмкіндік беретін заманауи диагностика әдісі.

Сондай-ақ, Қазақстанның әлемдік деңгейдегі ғылыми-зерттеу реакторларының болуы – ядролық медицинаны дамытуға үлкен мүмкіндік береді. Мысалы, Ядролық физика институтының базасында изотоптар өндірісі жолға қойылған. Бұл институт тек қана Қазақстанды емес, сонымен қатар басқа елдерді де радиофармацевтикалық препараттармен қамтамасыз ете

алатын әлеуетке ие. Бұрын көптеген радиоизотоптар шетелден импортталатын, ал қазір оларды өзімізде өндіру арқылы тәуелділікті азайтуға және отандық өндірісті дамытуға болады.

Радиоактивті изотопты тасымалдаушы молекулаға енгізу арқылы алынған радиофармацевтикалық препараттарды әзірлеу ұзақ әрі күрделі үдеріс болып табылады.

Радионуклидтік терапия – заманауи онкологияның ажырамас бөлігі. ВВР-К реакторының мүмкіндіктерін пайдалана отырып, сирек жер элементтерінің изотоптарын алу Қазақстанның медициналық тәуелсіздігін қамтамасыз етеді.

Осы жұмысты сәтті іске асыру радиотерапиялық препараттардың ауқымын кеңейтуге мүмкіндік береді, бұл көптеген адамдардың өмірін ұзартуға септігін тигізеді. Сонымен қатар жобаны орындау нәтижесінде алынған тәжірибелік деректер ядролық медицина мәселелерімен айналысатын ғылыми-зерттеу орталықтары мен университеттер үшін қызығушылық тудырады. Шетелдік мемлекеттер үшін де бұл тәжірибелік деректер құнды болмақ.

Ел ішінде кең спектрлі радиофармацевтикалық препараттарды өндіру медициналық көмектің сапасын жақсартуға, өлім-жітім көрсеткішін төмендетуге, қатерлі ісіктің әртүрлі түрлерімен ауыратын науқастардың жалпы өмір сүру және аурудың өршімей өмір сүру ұзақтығын арттыруға, сондай-ақ олардың өмір сүру сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Kostelnik T. I., & Orvig C. Radioactive Main Group and Rare Earth Metals for Imaging and Therapy // Chemical Reviews. 2018 [ағылшын тілінде].

2 Nitipir C., Niculae D., Orlov C., et al. Update on radio nuclide therapy in oncology // Oncol Lett. 2017. Vol. 14(6). P. 7011–7015 [ағылшын тілінде].

3 Sgouros G., Bodei L., McDevitt M.R. et al. Radiopharmaceutical therapy in cancer: clinical advances and challenges // Nat. Rev. Drug Discov. 2020. Vol. 19. P. 589–608 [ағылшын тілінде].

4 Qaim S. M. Therapeutic radionuclides and nuclear data // Radiochimica Acta. 2001. Vol. 89(4–5). P. 297–302 [ағылшын тілінде].

5 Abishev M. E., Nurshaeva F. S. The investigation of short lived radionuclides for diagnosis of oncological diseases on the basis of practice in KazNRI of oncology and radiology // Recent Contributions to Physics (Rec. Contr. Phys.). 2017. Vol. 3(62). P. 68–72 [ағылшын тілінде].

6 Gurin A. N., Chakrova Ye. T., Medvedeva Z. V., Soloninkina S. G. Prospects for the development of nuclear medicine in the Republic of Kazakhstan: reactor isotopes of rare earth elements for therapy // NNC RK Bulletin. 2022. P. 46–52 [ағылшын тілінде].

Секция 21

**Денсаулық сақтау сұрақтарына заманауи көзқарастар
Современные подходы в вопросах здравоохранения**

ШУМЕН ЛАСТАНУ ЖӘНЕ ОНЫҢ САЛДАРЫ

АЗАМАТ А.С.

магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Бүгінгі таңда ғылыми-техникалық прогресс пен урбанизацияның қарқынды дамуы қоршаған ортаға түрлі экологиялық мәселелердің пайда болуына әкеледі. Солардың біріне шумен ластану кіреді. Шумен ластану дегеніміз – адамға немесе табиғи ортаға зиян келтіретін қалыпты деңгейден жоғары дыбыстардың таралуы. Әсіресе ірі қалаларда бұл мәселе өзекті.

Қалалардағы көлік қозғалысының артуы, өндірістік кәсіпорындардың жұмысы, құрылыс саласының дамуы және тұрмыстық техниканың кенінен қолданылуы шу деңгейінің жоғарылауына себепші. Шумен ластану тек адамдардың жайлылығына ғана емес, олардың денсаулығына, психологиялық әлауқатына және қоршаған ортаға да кері әсерін тигізеді. Сондықтан бұл мәселені зерттеу және оның алдын-алу жолдарын қарастыру қазіргі қоғам үшін маңызды.

Шу – қоршаған ортада кең таралған және оған айтарлықтай әсер ететін маңызды экологиялық факторлардың бірі. Ресейлік ғалымдар А.Г. Ветошкин, Е.И. почкаева және Т.В. Попова берген теориялық анықтамаға сәйкес, шу әртүрлі қарқындылық пен жиіліктегі дыбыстардың кездейсоқ әрі тұрақсыз үйлесімінен тұрады [1,2].

Шумен ластанудың негізгі себептері- адамның өндірістік және тұрмыстық қызметімен тығыз байланысты. Осыған байланысты шу көздерін шартты түрде үш негізгі топқа бөлуге болады [3].

Біріншісі – абиотикалық шу, яғни табиғи құбылыстардан пайда болатын дыбыстар. Оларға желдің гуілі, судың ағысы,

жаңбардың дыбысы, жапырақтардың сыбдыры және басқа да табиғи дыбыстар жатады.

Екіншісі – биотикалық шу, бұл тірі ағзалардың шығаратын дыбыстары. Мысалы, құстардың сайрауы, үкінің дауысы, тоқылдақтың ағашты тоқылдауы, жәндіктердің шырылы сияқты дыбыстар осы топқа кіреді.

Үшіншісі – механикалық шу, ол адамның іс-әрекетінің нәтижесінде пайда болады. Мұндай шуға қозғалтқыштардың гүрілі, дөңгелектердің сықыры, трамвайлардың шуылы, көлік сигналдары және басқа да техникалық құрылғылардан шығатын дыбыстар жатады [4].

Акустикалық ластану қоршаған ортаға айтарлықтай кері әсер етеді. Бұл құбылыс дыбыстың күрделі физикалық қасиеттерімен түсіндіріледі. Оларға дыбыс қысымы, дыбыс қарқындылығы, жиілігі, энергия тығыздығы және басқа да көрсеткіштер жатады. Сонымен қатар шудың уақыт өте келе жиналып, ұзақ мерзімді әсер ету қабілеті де оның қоршаған ортаға тигізетін зиянын күшейтеді [4].

Шу адамның физикалық және психологиялық денсаулығына теріс әсер етеді. Ұзақ уақыт қатты шуға ұшыраған адамда есту қабілеті төмендеуі мүмкін, кейде бұл әсер құлақ қалқанының зақымдануына немесе естудің толық жоғалуына әкелуі ықтимал. Әр адамның шуды қабылдауы жасына, темпераментіне, денсаулық жағдайына және қоршаған орта факторларына байланыста әр түрлі болады. Сонымен қатар, шу жүйке жүйесіне де керә әсер тигізеді. Ұзақ уақыт жоғары деңгейдегі дыбыс жағдайында өмір сүретін адамдарда күйзеліс, мазасыздық, ашушандық, ұйқының бұзылуы және агрессия байқалады. Мұндай факторлар адамның жұмысқа қабілеттілігін төмендетіп, жалпы өмір сапасына әсер етеді. Шумен ластану бас ауруы, гипертония, қан қысымының өзгеруі және жүрек қан-тамырлары аурыларының қаупін артады [5].

Акустикалық ластану адамның ми қызметі мен есте сақтау қабілетіне де кері әсер етеді. Шу ұзақ уақыт бойы жинақталып, жүйке жүйесін тежейді, реакция жылдамдығы мен есте сақтау қабілетінің төмендеуіне әкеледі. Германияның Майнц қаласындағы Иоганн Гутенберг университетінің кардиологы Томас Мюнцельдің айтуынша, түнгі уақытта шу миға «қаш немесе шайқас» реакциясын тудырады, тіпті көзді жұмса да, құлақты шудан қорғауға мүмкін емес. Бұл теледидар, аурухана жабдықтары, көлік және ұшақ қозғалысы сияқты тұрақты дыбыстарға қатысты [6].

Шумен ластану тек адамдарға ғана емес, сонымен қатар жануарлар мен өсімдіктерге де кері әсер етеді. Көптеген жануарлар байланусы, қорек табу немесе қауіптен қорғану үшін дыбысты пайдаланады, сондықтан қатты шу олардың табиғи мінез-құлқына кедергі жасап, тіршілік жағдайларын қиындатады. Мысалы, құстар шу деңгейі жоғары аймақтарды ұя салудан бас тартып, басқа жерлерге қоныс аударуы мүмкін, бұл экожүйедегі тепе- теңдіктің бұзылуына әкеледі. Теңіз және мұхит жануарлары су астындағы шудан өте сезімтал, ал кемелер мен өндірістік жұмыстардан шыққан дыбыстар олардың бағдар табуына және бір-бірімен байланысуына кедергі жасайды. Созылмалы шу жабайы жануарларда стресс тудырып, көбею қабілетінің төмендеуіне және көші-қон жолдарының өзгеруіне әкеледі. Хайуанаттар бағындағы немесе цирктегі жануарлар үшін адам туындатқан тұрақты шу қашып құтылуға мүмкіндік бермей, олардың денсаулығы мен мінез-құлқына теріс әсерін тигізеді. Мысалы, қатты шу балықтардың жүзу қуығын зақымдап, есту қабілеті мен қозғалыс тепе-теңдігіне кері ықпал ететді. Осылайша, шумен ластану экожүйенің тұрақтылығын бұзып, жануарлардың өмір сүрі сапасы мен табиғи мінез-құлқына айтарлықтай зиян келтіреді [7].

Шу ластануын азайту үшін кешенді шаралар қабылдау қажет. Біріншіден қалаларды жоспарлау кезінде жасыл аймақтарды көбейту маңызды. Ағаштар мен өсімдіктер дыбысты сіңіріп, шудың таралуын белгілі бір деңгейде төмендетеді [8].

Екіншіден, көлік қозғалысын тиімді ұйымдастыру қажет. Заманауи технологияларды пайдалану арқылы дыбысты аз көлік құралдарын шығару және қоғамдық көлікті дамыту шу деңгейін азайтуға көмектеседі [9].

Үшіншіден, өндірістік кәсіпорындарда дыбыс оқшаулағыш құрылғыларды қолдану маңызды. Әрбір адам қоршаған ортаға жауапкершілікпен қарап, қатты дыбыс шығармауға және қоғамдық орындарда тыныштық сақтауға тырысуы тиіс.

Қорыта келе, шумен ластану қазіргі қағамдағы өзекті экологиялық мәселелердің бірі. Оның негізгі себептері көлік қозғалысы, өндірістік кәсіпорындар және тұрмыстық әрекеттер болып табылады. Шумен ластану адам денсаулығына, жүйке жүйесіне және қоршаған ортаға айтарлықтай зиян келтіреді. Бұл мәселені шешу үшін алдымен экологиялық білімді күшейтіп, заманауи технология күшімен жасыл саясат жүргізу қажет. Шу деңгейін төмендету арқылы адамдардың өмір сапасын жақсартуға және табиғи ортаны сақтауға мүмкіндік туады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Защита окружающей среды от энергетических воздействий: Учеб. пособие для вузов / А. Г. Ветошкин. – М.: Высш. шк., 2010. – 383 с.
- 2 Безопасность окружающей среды и здоровье населения: учебное пособие / Е. И. Почекаева, Т. В. Попова. – Ростов н/Д : Феникс, 2013. – с. 443.
- 3 Шумовое загрязнение: Невидимая угроза. – URL: <http://runet.fom.ru/Pronikновение-interneta/10950> [дата обращения 15.02.2026].
- 4 О влиянии шумового загрязнения окружающей среды на здоровье человека. [электронды ресурс]. – URL: <https://abouttheglobeabdullah.medium.com/noise-pollution-definition-causes-effects-and-solutions-about-the-globe-b88b246e1f37> [дата обращения 15.02.2026].
- 5 Шумовое загрязнение: определение, причины, последствия и решения. – О глобусе / Абдулла Джавид / Терпимая. [электронды ресурс]. – URL: <https://abouttheglobeabdullah.medium.com/noise-pollution-definition-causes-effects-and-solutions-about-the-globe-b88b246e1f37> [дата обращения 15.02.2026].
- 6 Шумовое загрязнение не просто раздражает, но и вредно для здоровья. [электронды ресурс]. – URL: <http://runet.fom.ru/Pronikновение-interneta/10950> [дата обращения 13.02.2026].
- 7 Как шумовое загрязнение влияет на животных. [электронды ресурс]. – URL: <https://www.brainfacts.org/thinking-sensing-and-behaving/diet-and-lifestyle/2018/noise-pollution-isnt-just-annoying-its-bad-for-your-health-062718> [дата обращения 13.02.2026].
- 8 Жидкова А. Г. Древесно-кустарниковые растения как способ снижения городского загрязнения в городе Новосибирск // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. – 2021. – С. 62–65.
- 9 Коробкин, В. И. Экология: учеб. пособие / В.И. Коробкин, Л. В. Передельский // Феникс. – Ростов-н/Д: 2005. – 576 с.

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ: РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ И ТЕНДЕНЦИИ

АРЫНОВА Ш. Ж.
PhD, ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ДЮСЕМБАЙ Ә. Н.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Проблема деградации качественных характеристик атмосферного воздуха в пределах промышленно развитых регионов Республики Казахстан сохраняет свою неоспоримую и устойчивую актуальность в современной научной и практической повестке, непосредственно коррелируя с задачами обеспечения комплексной экологической безопасности и стратегического сохранения здоровья нации. Павлодарская область в силу исторически сложившихся экономических условий традиционно квалифицируется как одна из наиболее индустриально нагруженных территорий государства, на пространстве которой сосредоточены масштабные производственные мощности теплоэнергетического комплекса, цветной и черной металлургии, нефтеперерабатывающей отрасли, а также высокотехнологичного химического производства. Экстремально высокая концентрация крупных промышленных объектов в сочетании со специфическими параметрами природно-климатических условий детерминирует формирование уникальной и крайне сложной структуры аэрогенного загрязнения, что предопределяет объективную необходимость осуществления глубокого системного анализа на базе верифицированных данных государственного экологического мониторинга [1, с. 13].

Территориальный комплекс Павлодарской области характеризуется ярко выраженным резко континентальным климатическим режимом, для которого свойственна суровая и продолжительная зима, а также аномально жаркий летний период, что в совокупности порождает значительные годовые и суточные амплитуды температурных показателей. В зимний сезон для региона становятся типичными метеорологические ситуации, характеризующиеся предельно малыми скоростями горизонтального перемещения воздушных масс и регулярным возникновением температурных инверсий, которые выступают в роли мощного физического барьера, препятствующего вертикальной диффузии и способствующего интенсивному накоплению

поллютантов непосредственно в приземном слое атмосферы. Особенности геоморфологического строения, выраженные в преобладании равнинного рельефа и фактическом отсутствии естественных орографических препятствий, парадоксальным образом способствуют беспрепятственному трансграничному и внутрирегиональному распространению промышленных выбросов на колоссальные дистанции. Указанная совокупность орографических и климатических факторов существенно мультиплицирует негативное воздействие антропогенной нагрузки на качественное состояние воздушного бассейна [2, с. 75].

В качестве доминирующих источников техногенного воздействия на атмосферу выступают предприятия энергетического сектора, технологический цикл которых базируется преимущественно на сжигании высокосольного угля, а также металлургические комбинаты, нефтеперерабатывающие заводы и постоянно расширяющийся парк автомобильного транспорта. Наиболее весомый и статистически значимый вклад в совокупный объем валовых выбросов традиционно вносят такие химические соединения, как диоксид серы, различные формы оксидов азота, оксид углерода и твердые взвешенные частицы различной дисперсности. Помимо базовых загрязнителей, в локальных зонах влияния металлургических производств фиксируется присутствие специфических высокотоксичных примесей, включающих соединения тяжелых металлов и фтористые соединения. Немаловажную роль в процессах формирования вторичного загрязнения играет интенсивное пылеобразование, возникающее в результате ветровой эрозии поверхностей золошлакоотвалов и открытых площадок складирования минерального сырья [3, с. 18].

Функционирующая система государственного экологического мониторинга на территории области представляет собой разветвленную сеть стационарных постов наблюдения, которые реализуют алгоритмы регулярного дискретного отбора проб и непрерывного инструментального измерения концентраций ключевых ингредиентов загрязнения. Наблюдательная сеть охватывает урбанизированные территории городов Павлодар, Экибастуз и Аксу, а также включает в себя ряд сельских населенных пунктов, находящихся в зоне непосредственного аэрогенного влияния крупных промышленных узлов. Процесс измерения концентраций реализуется как посредством автоматизированных станций в режиме реального времени, так и через применение

классических методов лабораторного химического анализа, что в конечном итоге гарантирует высокую степень сопоставимости, преемственности и достоверности аккумулируемых аналитических данных [4, с. 8].

Результаты многолетнего ретроспективного анализа данных мониторинга неопровержимо подтверждают тезис о том, что структурная композиция загрязнения атмосферного воздуха в регионе сохраняет жесткую промышленно-энергетическую детерминированность. В промышленных центрах Экибастуз и Аксу, где локализованы мощнейшие тепловые электростанции и объекты металлургии, наиболее стабильными и устойчивыми являются факты превышения нормативных уровней по взвешенным веществам и диоксиду серы. В административном центре, городе Павлодаре, наряду с мощным прессингом со стороны стационарных промышленных источников, существенное и постоянно возрастающее влияние оказывает мобильный сектор, что находит свое отражение в перманентно повышенных концентрациях оксидов азота и монооксида углерода, особенно в функциональных зонах с высокой интенсивностью транспортных потоков [5, с. 22].

В динамических рядах последних лет наблюдаются сложные и зачастую разнонаправленные трансформационные процессы. С одной стороны, целенаправленная реализация программ технической модернизации газоочистного оборудования на ряде ведущих предприятий способствовала некоторому снижению средневзвешенных годовых концентраций диоксида серы и отдельных газообразных соединений. С другой стороны, остается нерешенной проблема резких эпизодических всплесков концентраций поллютантов, превышающих предельно допустимые нормативы в периоды наступления неблагоприятных метеорологических условий. В частности, в зимний период при установлении температурных инверсий и штилевых явлений происходит закономерная аккумуляция загрязняющих агентов в нижних слоях тропосферы, что мгновенно трансформируется в краткосрочное повышение интегрального индекса загрязнения атмосферы [6, с. 79].

В течение последнего временного цикла особое научно-исследовательское внимание направлено на изучение динамики концентраций мелкодисперсных фракций пыли, обозначаемых как PM10 и PM2.5, которые, в силу своей высокой проникающей способности, оказывают наиболее пагубное воздействие на физиологическое состояние и здоровье человеческого организма.

Согласно верифицированным данным инструментальных наблюдений, в ряде промышленных агломераций систематически фиксируются аномальные значения данных параметров, причем данная тенденция обостряется именно в отопительный сезон. Генезис мелкодисперсного загрязнения обусловлен как прямыми выбросами объектов теплоэнергетики, так и продуктами неполного сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания, а также процессами вторичного взвешивания пыли с открытых подстилающих поверхностей [7, с. 31].

Пространственное моделирование распределения поллютантов наглядно демонстрирует формирование зон с перманентно высоким уровнем загрязнения, топографически привязанных к основным промышленным узлам. В то же время на периферийных участках урбанизированных территорий и в границах аграрных районов области качественные характеристики воздушной среды в подавляющем большинстве случаев соответствуют установленным гигиеническим нормативам, за исключением редких прецедентов, связанных с дальним трансграничным переносом или проявлением масштабных оловых процессов, таких как пыльные бури. Данное обстоятельство является прямым доказательством локализованного характера наиболее интенсивного техногенного воздействия, концентрирующегося в непосредственной близости от эпицентров эмиссии [8, с. 43].

Зафиксированная в последние годы тенденция к постепенному снижению суммарных валовых объемов выбросов в атмосферу находится в прямой причинно-следственной связи с планомерным внедрением комплексных природоохранных мероприятий, глубоким обновлением технологического парка оборудования и последовательным ужесточением механизмов государственного экологического регулирования. Однако необходимо констатировать, что линейное количественное сокращение массы выбрасываемых веществ далеко не всегда приводит к пропорциональному и немедленному улучшению качества приземного воздуха, поскольку данный процесс лимитируется сложной интерференцией множества факторов, таких как плотность и архитектурная конфигурация городской застройки, специфические метеорологические параметры, экспоненциальный рост частного автопарка и инерционный эффект накопленного за десятилетия техногенного воздействия на ландшафты [9, с. 58].

В контексте долгосрочной ретроспективы и перспективы можно выделить фундаментальный переход к реализации более прецизионного и детализированного экологического мониторинга, включающего в себя расширение сети автоматизированных измерительных станций и существенное увеличение номенклатуры контролируемых химических ингредиентов. Данный вектор развития значительно повышает уровень транспарентности и общественной доступности экологической информации, а также позволяет органам государственного контроля оперативно реагировать на любые негативные флуктуации качества среды. Одновременно с этим сохраняется объективная потребность в дальнейшем методическом и техническом совершенствовании системы наблюдений, что предполагает расширение мониторинговой сети в зонах плотной жилой застройки и на прилегающих к городам рекреационных территориях [10, с. 127].

Комплексный анализ существующих трендов позволяет сделать обоснованное заключение о том, что аэрогенное загрязнение в Павлодарской области сохраняет выраженный индустриальный профиль с четко прослеживаемой сезонной вариативностью. Наиболее критическими с точки зрения экологического риска остаются зимние периоды и локации, непосредственно граничащие с крупными генерирующими и металлургическими объектами. Тем не менее, фиксируемое постепенное снижение среднегодовых уровней содержания ряда химических веществ в атмосфере свидетельствует об определенной результативности и эффективности реализуемых стратегий экологического менеджмента.

Перспективы фундаментальной минимизации антропогенного воздействия и достижения целевых показателей качества атмосферного воздуха в регионе неразрывно связаны с глубокой технологической трансформацией производств, ускоренным переходом на экологически чистые виды энергетического топлива, интеграцией принципов наилучших доступных технологий, а также развитием экологически ориентированных систем общественного транспорта при одновременном снижении интенсивности эксплуатации индивидуальных транспортных средств. Критически важным аспектом является тотальная цифровизация процессов мониторинга и бесшовная интеграция получаемых потоков данных в единые аналитические системы, которые позволяют осуществлять прогностическое моделирование экологической

ситуации и формировать научно обоснованные сценарии развития региональной техносферы.

Обобщенные результаты государственного экологического мониторинга свидетельствуют о сохранении сложной, но при этом полностью контролируемой и управляемой экологической обстановки на территории Павлодарской области. Несмотря на сохраняющуюся промышленную специфику загрязнения и наличие выраженных сезонных максимумов концентраций, в регионе отчетливо прослеживается вектор на постепенную стабилизацию и улучшение ряда качественных показателей, что возможно лишь при условии неукоснительного продолжения курса на технологическую модернизацию промышленного ядра и последовательное ужесточение региональной природоохранной политики. Реализация комплексного подхода, который гармонично сочетает в себе высокоточный мониторинг, жесткое нормативно-правовое регулирование и непрерывное техническое совершенствование производственных циклов, остается безальтернативным и ключевым условием для обеспечения устойчивого и долгосрочного улучшения состояния воздушного бассейна Павлодарского региона.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бекмагамбетов Е. Т., Сулейменова А. К. Экологический мониторинг атмосферного воздуха: Учебное пособие для вузов. – Алматы: Қазақ университеті, 2021. – 312 с.
- 2 Абишев М. Е. Промышленная экология Казахстана. – Астана, 2022. – 284 с.
- 3 Жусупова Л. Б., Кенжебаев Н. С. Оценка качества атмосферного воздуха в индустриальных регионах // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – № 2. – 2022. – С. 45–53.
- 4 Смагулов К. М. Анализ динамики выбросов загрязняющих веществ в Павлодарской области / К. М. Смагулов, А. В. Ибраев // Материалы международной научно-практической конференции «Экология и устойчивое развитие регионов». – Павлодар: Торайгыров университет, 2021. – С. 112–118.
- 5 Мухамеджанова Г. С. Совершенствование системы экологического мониторинга в промышленном регионе: автореф. дис на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. – Алматы, 2019. – 28 с.
- 6 Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.01.2026 г.).

7 Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2023 год. – Астана, 2024. – 356 с.

8 Kazemi A., Issanova G., Abuduwaili J. Air pollution assessment in industrial regions of Central Asia // Environmental Monitoring and Assessment. 2021. Vol. 193. P. 1–15 [на англ. яз.].

9 World Health Organization. Air quality guidelines: global update 2021. – Geneva: WHO Press, 2021. – 273 p. [на англ. яз.].

10 Казгидромет. Информационный бюллетень о состоянии атмосферного воздуха Павлодарской области за 2024 год [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kazhydromet.kz> [дата обращения 15.02.2026].

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

АУБАКИРОВА Р. Т.

Средняя общеобразовательная школа № 14, г. Павлодар

В Казахстане очень уязвимая природная среда. Территорию республики в основном составляют степи, полупустыни и пустыни. Существуют уникальные внутриконтинентальные моря и озера, такие, как Каспий, Арал, Балхаш, Зайсан, Алаколь.

В результате антропогенных нагрузок практически на всей территории Казахстана нарушена естественная способность природной среды обеспечивать будущее экономическое и социальное развитие страны.

Большинство предприятий перерабатывающего и энергетического комплексов имеет несовершенную технологию, морально и физически изношенные основные производственные фонды, что способствует увеличению количества вредных выбросов. Зоны высокого загрязнения атмосферного воздуха совпадают с местами концентрированного расселения людей. В Павлодарской области на каждого жителя в 1993 г. приходилось 7,7 т вредных выбросов.

Постоянно растущие объемы отходов промышленного производства формируют новые техногенные ландшафты, с ростом высоты отвалы и терриконы становятся источниками интенсивного пылеобразования.

Второе место по объемам отходов производства после горнодобывающей промышленности занимают металлургическая промышленность и энергетика. Более 1,5 миллиарда тонн отходов накоплено только в золоотвалах Экибастузской ГРЭС Павлодарской области [1].

Практика сжигания попутного газа в факелах также наносит значительный экологический и экономический ущерб. Повышенный тепловой фон и подкисление компонентов окружающей среды вокруг месторождений при сгорании газа оказывают негативное влияние на почву, растительность, животный мир прилегающих к нефтяным комплексам районов, внося свой «вклад» в увеличение парникового эффекта.

В этих условиях оценка состояния окружающей среды занимает важное положение в решении проблемы предотвращения и ликвидации техногенного воздействия в местах размещения промышленных организаций.

Интенсивное загрязнение воздуха, воды и почв, деградация животного и растительного мира, истощение природных ресурсов привели к разрушению экосистем, опустыниванию и значительным потерям биологического и ландшафтного разнообразия, росту заболеваемости и смертности населения. Следствием подобных изменений является снижение качества жизни населения и неустойчивое развитие республики. В то же время остаются самыми низкими среди стран Евразии государственные расходы на охрану окружающей среды. Они составляют не более 0,5 долл. США в год на одного человека.

Из всего вышесказанного следует, что экологические проблемы надо решать, о них надо говорить. В этом и заключается актуальность проблемы.

При выполнении данной работы мы поставили следующие цели:

- 1 Расширить кругозор и воспитать любознательность учащихся.
- 2 Улучшить знания об экологических проблемах Павлодарской области и природоохранных мерах государства.
- 3 Осознание значения приобретаемых знаний для формирования экологического сознания.

В данной работе будут показаны все экологические проблемы Павлодарской области, проводимые природоохранные меры, влияние экологии на здоровье человека.

В ходе проводимого исследования использовались методы опроса, анкетирования, теоретического анализа.

Экологическое состояние Павлодарской области.

Учеными всего мира единогласно констатирована актуальность угрозы глобальной экологической катастрофы, связанной с разрушением сложившегося в течение более чем пяти миллиардов лет (примерный возраст Земли) экосистемного равновесия в биосфере.

В Павлодарской области наблюдается резкое ухудшение экологической ситуации. Об этом заявили экологи, лидеры неправительственных организаций.

Экологи констатируют: в области показатели смертности превышают общереспубликанский - 12 случаев на 1000 жителей. Люди страдают болезнями кровообращения и онкозаболеваниями [2].

Загрязнение воздуха

Атмосферный воздух принадлежит к числу основных компонентов окружающей природной среды. С чистотой воздуха связаны здоровье человека, состояние животного и растительного мира.

Ежегодно в атмосферу выбрасывается огромное количество загрязняющих веществ. В воздух выбрасываются такие ядовитые газы, как окись углерода, сернистый газ, окись азота, хлор, токсические вещества, содержащиеся в автомобильных газах, пыль и др. Они оказывают очень вредное воздействие на здоровье человека, вызывают такие заболевания, как аллергия, рак легких, психоневрологические расстройства и др.

Загрязнение воздуха близ промышленных центров (Павлодар, Экибастуз, Аксу) пагубно сказывается и на жизнедеятельности животных, растений, микроорганизмов, наносит огромный ущерб городскому хозяйству.

Чрезвычайно опасно загрязнение атмосферы продуктами радиоактивного распада.

Таким образом, в области имеются следующие источники загрязнения атмосферы:

- 1 Загрязнение продуктами сжигания топлива для бытовых, производственных и транспортных целей.
- 2 Радиоактивное загрязнение атмосферы в результате атомных испытаний.
- 3 Естественное загрязнение взвешенными частицами, поступающими в атмосферу от пыльных бурь и пожаров.

Основным источником загрязнения атмосферы является промышленность, особенно энергетические установки и транспортные средства. На их долю приходится более половины всех выбросов в атмосферу. Мощные тепловые электростанции (Экибастузские ГРЭС-1 и 2, Аксуская ГРЭС, Павлодарские ТЭЦ-1, 2, 3 и др.) ежегодно выбрасывают тысячи тонн золы и сернистого ангидрида. В городах области в большом количестве содержатся в виде различных соединений распыленные продукты промышленного производства, среди которых преобладают продукты сжигания угля.

Очень опасным источником загрязнения атмосферы является автомобильный транспорт. Один автомобиль за год выбрасывает 600—800 кг оксида углерода, около 200 кг несгоревших углеводородов и около 40 кг оксидов азота. Массовое скопление автомобилей в городах является причиной загрязнения атмосферы окисью углерода, многими сложными органическими соединениями, что вредно отражается на здоровье человека. Особенно опасно большое содержание угарного газа, который концентрируется у поверхности земли.

В области ведется работа по снижению выбросов вредных веществ в атмосферу. Областным управлением экологии и биоресурсов осуществляются проверки предприятий и организаций по выполнению требований Закона Казахстана «Об охране атмосферного воздуха». По фактам нарушений предъявляются штрафы, иски о возмещении предприятиями ущерба, нанесенного окружающей природной среде, выдаются предписания об устранении загрязнителей.

Разработаны нормативы предельно-допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Такие нормативы установлены для каждого источника загрязнения. Законом «Об охране атмосферного воздуха» предусматривается улавливание, использование и обезвреживание вредных веществ и отходов. Для этого на источниках загрязнения должны устанавливаться приборы и аппараты, имеющие специальные поглотители пыли и вредных газов.

Контроль за уровнем загрязнения атмосферы ведется областным центром по гидрометеорологии: тремя стационарными постами в г. Павлодаре, двумя – в г. Экибастузе, а также передвижной лабораторией.

Загрязнение окружающей среды испытаниями ядерного оружия

Семипалатинский полигон испытаний ядерного оружия, большая часть которого находится на территории Майского района Павлодарской области, функционировал с 29 августа 1949 г. до 1989 г. За этот период проведено около 470 испытаний. Общая мощность проведенных взрывов составила 16 мегатонн.

В 1989 г. на Семипалатинском полигоне прошли последние испытания. Полигон прекратил свое существование.

Ситуация, сложившаяся вокруг полигона, в значительной степени уникальна. Нигде в мире испытания не проводились в течение столь долгого времени и в такой близости от зон проживания тысяч людей. Нигде в мире мы не имеем такого глобального эксперимента по хроническому облучению людей. Это привело к резкому повышению уровня заболеваний (в 3–30 раз), к изменению структуры заболеваемости населения (рост онкологических заболеваний), к значительному снижению иммунитета у населения области.

В результате изучения данных о параметрах и сроках проведения испытаний, на основании материалов, представленных специалистами полигона, установлено, что имели место случаи распространения радиоактивных облаков в сторону районов Павлодарской области, что привело к повышению уровня радиации в области.

Гидрометеослужба Казахстана в 1990–1991 гг. осуществила анализ проб грунта в 17 точках Павлодарской области. Содержание цезия-137 и стронция-90 в почвах только Майского района в 3–4 раза превышало ПДК (предельно допустимую концентрацию). Значительное повышение фона зарегистрировано и в других районах области. При этом, до 78 % цезия-137 сосредоточено в верхнем пятисантиметровом слое грунта, т.е. на уровне корневой системы растений.

Последствия ядерных испытаний неблагоприятным образом сказались на состоянии здоровья населения и особенно детей.

Академик И.Я. Чистяков связывает тринадцатилетний подъем смертности в Павлодарской области с тринадцатилетним периодом проведения наземных и воздушных ядерных испытаний. Предполагается, что рост младенческой смертности является отдаленным последствием влияния ядерных испытаний на организм родителей. Самая высокая младенческая смертность в Павлодарской области наблюдалась в наиболее приближенном к полигону Майском районе [3].

В 1990–1992 гг. были проведены комплексные медицинские обследования населения районов Павлодарской области и

Зерендинского (контрольного) района Кокчетавской области. Анализ данных показал, что структура распространения заболеваний по трем «полигонным» районам смещена относительно контрольного района, и показатели болезни населения экспериментальных и контрольного районов говорят о значительном повышении уровня по патологической пораженности в Майском, Лебяжинском, Баянаульском районах Павлодарской области в сопоставлении с Зерендинским (контрольным) районом.

Таким образом, исследования, проведенные на основании медицинских осмотров, показывают, что состояние здоровья населения Павлодарской области сформировалось и формируется под действием неблагоприятного фактора, который повысил уровень «нездоровья» людей. Это ядерные испытания на Семипалатинском ядерном полигоне, что доказывают многочисленные свидетельства.

Природоохранные мероприятия

Природные ресурсы – это все то, что существует в природе и используется человеком для его существования и хозяйственной деятельности.

В результате этого в области значительно сокращаются площади лесов, исчезают многие виды животных и растений, увеличиваются площади, подвергающиеся эрозии, усиливаются процессы антропогенного загрязнения воды и воздуха. Поэтому охрана природы области становится серьезной проблемой.

Первый закон об охране природы Казахстана был принят в 1962 г., он предусматривает охрану и бережное отношение не только к природным богатствам, вовлеченным в хозяйственное использование, но и к неэксплуатируемым богатствам.

Одним из важнейших мероприятий по охране природы является создание особо охраняемых территорий: заповедников, заказников, национальных парков и памятников природы. Государственные заповедники в Павлодарской области отсутствуют, но есть заказники. Значительной особенностью заказников является то, что на их территории допускается ограниченное хозяйственное использование части природных ресурсов, но в определенные сроки и в той мере, в какой это не наносит вреда охраняемым сообществам. На территории области 2 заказника, Баянаульский национальный природный парк.

Сейчас в области разрабатываются специальные нормативы предельно допустимых выбросов как для промышленных гигантов, так и для производственных предприятий. Эти нормы

дадут государственным органам и общественным организациям возможность максимально контролировать экологическую ситуацию в регионе. По этим же нормативам предприятия будут оплачивать эмиссии за вредные выбросы в окружающую среду [4].

Отношение жителей к нынешнему состоянию города Павлодара

Наш город – наш дом! Поэтому мы решили узнать: как относятся жители города к окружающей среде. Нами был проведен опрос населения. Каждому опрашиваемому был предложен ряд вопросов:

- 1 Нравится ли вам город Павлодар?
- 2 Хотели бы Вы в нем жить и работать?
- 3 Устраивает ли Вас озеленение города?
- 4 Готовы ли Вы помочь администрации города в увеличении площади озеленения?
- 5 Достаточно ли урн вдоль улиц?
- 6 Какое наказание вы бы ввели для тех, кто мусорит на улицах?
- 7 Придете ли Вы на субботник, организованный администрацией города?
- 8 Какие экологические проблемы города вы бы выделили?
- 9 Какие бы Вы предложили меры по улучшению экологии города?

Из данной анкеты мы сделали следующие выводы:

- 1 Город нравится всем.
- 2 97% - да, 3% - нет
- 3 63% - да, 26% - не очень, 11% - нет
- 4 13% - да (в основном молодежь), 87% - нет (на это выделяются средства)
- 5 35% - да, 65% - нет
- 6 94% - штраф, 2% - заключение под стражу, 4% - затруднились ответить.
- 7 16% - да, 84% - нет (если будет выбор)
- 8 У всех ответы были практически одинаковыми: загрязнение воздуха, воды, улиц, вокруг города промышленные предприятия.
- 9 Установить очистительные сооружения, перейти на альтернативные источники энергии.

Из вышеуказанного сделали следующий вывод:

- 1 Население любит город, но участвовать в озеленении, в общественных субботниках и уборках в большинстве случаев не хотят.

2. Население в большинстве своем негативно относятся к тем, кто мусорит.

3 Все жители знают о существующих экологических проблемах.

4 Предлагают свои идеи в решении данных проблем

Заключение

Обобщая вышесказанное необходимо отметить, что существующее в Казахстане законодательство в области охраны окружающей среды, обеспечивая правовое регулирование отношений между хозяйствующими субъектами и государством, не затрагивает важных аспектов экологических нормативов, т.е. ответственность хозяйствующих субъектов – за нанесение контроля над их деятельностью или полное попечительство над ними; роль и место экологических нормативов НПО, их взаимодействия, так как иностранные компании и отечественные предприятия за причинение серьезного экологического ущерба отделяются незначительными штрафами, не меняя при этом прежних условий работы.

Очевидно, что в настоящее время назрели объективные предпосылки для усиления государственного контроля за ходом исполнения уже существующих и разработки ряда новых нормативно-правовых актов в области окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1 Инсебаев Т. А. Павлодарская область // На страницах истории. – № 6. – 2005. С. 27–33.

2 Могилуок С. В. «Экология Павлодарской области».

3 Сембаев Ж. Х. «Экологическая характеристика состояния окружающей среды г. Экибастуз (2014).

4 Экологическое состояние Павлодарской области [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.inform.kz/ru/pavlodarskaya-oblast-v-autsayderah-po-resheniyu-ekologicheskikh-problem-69efdf> [дата обращения 12.03.2026].

ASSESSMENT OF THE DEVELOPMENT POTENTIAL OF THE E-WASTE MANAGEMENT SECTOR IN KAZAKHSTAN

KAPEZOVA M. M.

Master's student, Toraigyrov University, Pavlodar

RAMAZANOVA M. D.

teacher, Abai gymnasium for gifted children, Pavlodar

TULEUTAYEVA T. B.

teacher, lyceum-school №20, Pavlodar

With the digitalization of the economy and the growing consumption of electrical equipment, there has been a steady increase in the volume of electronic waste. This problem is one of the key environmental threats of our time.

According to international studies, approximately 136,000 tons of electronic waste were generated in Kazakhstan in 2019, equivalent to 7.3 kg per capita [3]. However, the level of collection and recycling remains low – approximately 8.8 % [3], indicating the ineffectiveness of the waste management system.

The growth in electronic waste is associated with the accelerated development of technologies and the shortening of equipment life cycles. Under these conditions, the burden on the environment increases, heightening the need to implement effective waste management mechanisms.

Electronic waste contains hazardous substances such as mercury, lead, and cadmium, which, if improperly disposed of, have a negative impact on ecosystems and human health [4, p. 112]. Furthermore, according to research in industrial ecology, the accumulation of such waste leads to long-term environmental pollution [5, p. 84]. At the same time, electronic waste is a source of secondary resources. According to international data, recycling electronic waste allows for the recovery of significant quantities of valuable materials, including metals and rare earth elements [1, p. 45].

Electronic waste contains hazardous substances, such as:

mercury

lead

cadmium

If left uncontrolled, they:

pollute soil and water;

cause harm to public health;

increase sanitary risks.

At the same time, e-waste has significant economic potential, as it contains valuable materials (metals, rare earth elements) that can be reused.

Thus, the problem is twofold: environmental risk and economic opportunity.

According to forecasts, by 2050, the volume of e-waste could reach 18 kg per capita, requiring improved management systems.

Table 1 – Key indicators of electronic waste

Indicators	Kazakhstan	Forecast (2050)
Volume of waste (kg/person)	7,3	18
Total volume (thousand tons)	136	rise
Level of processing (%)	8,8	↑

As Table 1 shows, a significant increase in e-waste volumes is expected, reinforcing the need to improve the management system for this type of waste.

Currently, the e-waste management sector in Kazakhstan is in its infancy. Despite the existence of certain system elements, a comprehensive approach to waste collection, transportation, and recycling is lacking. The main challenges include insufficient infrastructure, low waste collection rates, and weak public and business engagement.

An analysis of the current situation shows that a significant portion of e-waste does not pass through official recycling channels. This leads to its accumulation, unauthorized disposal, and increased environmental impact.

International experience demonstrates that effective e-waste management systems are based on the principle of extended producer responsibility (EPR), which involves manufacturers in product recycling at all stages of their life cycle [2]. In the European Union, this approach is implemented through the WEEE system, which ensures waste management controls.

Furthermore, developed countries widely utilize separate waste collection systems, economic incentives for recycling, and government regulation. These tools can significantly increase recycling rates and reduce the negative environmental impact.

Adapting international practices to Kazakhstan's conditions is an important area for developing the e-waste management system. Specifically, it is necessary to implement extended producer responsibility mechanisms, develop recycling infrastructure, and improve the regulatory framework.

An additional important aspect is the economic assessment of the potential for e-waste recycling. E-waste contains significant amounts of valuable components, including copper, aluminum, gold, and rare earth elements, the concentration of which in some cases exceeds their content in natural ores [1, p. 47]. This makes e-waste recycling not only environmentally necessary but also economically viable. In Kazakhstan, developing this approach can help reduce dependence on imported raw materials, foster a circular economy, and attract investment in the recycling industry. However, realizing this potential is hampered by a number of factors, including a lack of technological infrastructure, high capital costs, and weak integration of market participants. Therefore, a comprehensive approach is required, combining government regulation, business incentives, and the introduction of modern recycling technologies. To improve the efficiency of e-waste management in Kazakhstan, it is advisable to implement a range of measures, including developing a collection and recycling system, introducing economic incentives for market participants, and raising environmental awareness among the population.

Institutional barriers significantly limit the development of the e-waste management sector in Kazakhstan. Specifically, the lack of an effective system for recording and monitoring e-waste flows leads to its partial migration to the informal sector. This reduces market transparency and hinders the development of a sustainable recycling system. An additional problem is the insufficiently developed regulatory framework, which does not fully address the specifics of e-waste management. International practice has addressed these issues by implementing licensing mechanisms, digital tracking of waste flows, and strengthening government oversight, which improves management efficiency [2].

The role of digital technologies in improving the efficiency of e-waste management deserves special attention. The implementation of information monitoring systems enables tracking of waste at all stages—from generation to recycling. The use of digital platforms, electronic registries, and tracking technologies helps increase process transparency and reduce the level of illegal waste disposal. Furthermore, modern technological solutions optimize sorting and recycling processes, increasing their cost-effectiveness. For Kazakhstan, the introduction of such tools could be an important step in modernizing the waste management system and integrating it with global environmental practices.

The scientific novelty of this study lies in its comprehensive assessment of the development potential of the e-waste management sector in Kazakhstan, taking into account environmental, economic, and institutional factors, as well as the adaptation of international experience to national conditions.

The study found that the e-waste management sector in Kazakhstan has significant development potential but requires systemic transformation.

The key findings include the low efficiency of the existing system, the high level of environmental risks, and the significant resource potential of e-waste. Implementing comprehensive measures will improve management efficiency and ensure sustainable development.

Thus, developing an e-waste management system is an important area for ensuring environmental safety and the rational use of resources in Kazakhstan.

LITERATURE

1 Baldé C. P., Forti V., Gray V., Kuehr R., Stegmann P. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy. – Bonn: United Nations University, 2020. – 120 p.

2 Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) – European Commission [Electronic resource]. – URL: <https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/weee> [дата обращения 28.02.2028].

3 UNITAR / SCYCLE. National E-waste Monitor 2023 – Kazakhstan [Electronic resource]. – URL: <https://ewastemonitor.info> [дата обращения 28.02.2026].

4 Surikova T. B. Environmental monitoring: textbook. – Sary Oskol: TNT, 2020. – 344 p.

5 Abseitov E. T. Industrial ecology: textbook. – Almaty, 2021. – 480 p.

ТАҒАМ ӨНІМДЕРІНДЕГІ НИТРАТТАРДЫҢ ЖИНАЛУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ АДАМ ДЕНСАУЛЫҒЫНА ӘСЕРІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

ҚАЙРУЛЛА Н. Б.

магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Соңғы жылдары азық-түлік өнімдерінің қауіпсіздігі мәселесі бүкіл әлемде ерекше назар аударатын мәселеге айналды. Қазіргі уақытта кейбір көкөністер мен жемістерде нитраттардың мөлшері белгіленген нормадан асып кетуі байқалуда. Мұндай өнімдерді ұзақ уақыт пайдалану халық денсаулығының төмендеуіне әкеліп соқтырады. Сондықтан тағам өнімдеріндегі нитраттардың мөлшерін бақылау, олардың адам ағзасына әсерін зерттеу және қауіпсіз қолдану жолдарын анықтау қазіргі таңда өте өзекті мәселе болып табылады. Соның ішінде ауыл шаруашылығы өнімдерінде нитраттардың жиналуы экологиялық және медициналық тұрғыдан маңызды проблемаға туғызуда. Нитраттар өсімдіктердің қалыпты өсуі үшін қажет болғанымен, олардың шамадан тыс мөлшері адам денсаулығына және қоршаған ортаға кері әсер етуі мүмкін.

Нитраттар – барлық тірі ағзалар мен өнімдердің құрамында кездесетін азот қышқылының тұздары мен эфирлері. Олар табиғатта кең таралған және өсімдіктердің қоректену процесінде маңызды рөл атқарады. Нитраттар өсімдіктер үшін зиянсыз болғанымен, тірі ағзалар үшін уыттылығы жоғары. Олар адам денсаулығына ғана емес, сонымен қатар шөпқоректі жануарларға да зиянды әсер етеді. Ауыл шаруашылығында азотты минералды тыңайтқыштарды шамадан тыс пайдалану нәтижесінде нитраттардың топырақта және су көздерінде жиналуы байқалады [1]. Бұл өз кезегінде ауыл шаруашылығы өнімдерінің құрамында нитраттардың мөлшерінің артуына әкеледі. Өнімдер құрамында нитраттардың мөлшері жоғары болған жағдайда оларды тұтыну барысында адам ағзасына тек нитраттар ғана емес, сонымен қатар олардың метаболиттері – нитриттер мен нитрозо қосылыстары да түседі. Қазіргі уақытта адам ағзасындағы нитраттардың түсуі мен шығарылуының нақты теңгерімін анықтау толық мүмкін болмады. Нитраттар нитратредуктаза ферментінің әсерінен нитриттерге дейін тотықсызданады. Нитриттер қан құрамындағы гемоглобинмен әрекеттесіп, оның құрамындағы екі валентті темірді үш валентті темірге дейін

тотықтырады. Нәтижесінде метгемоглобин деп аталатын зат түзіледі. Метгемоглобин оттегін тасымалдау қабілетін жоғалтады.

Метгемоглобинемия – бұл қандағы эритроциттерде тотыққан темірі бар гемоглобиннің (метгемоглобин – MtHb) мөлшерінің артуымен сипатталатын жағдай. Метгемоглобин дисгемоглобиндер деп аталатын гемоглобин туындыларына жатады, олар оттегін тасымалдауға қабілетсіз [5]. Қалыпты жағдайда қанда метгемоглобиннің аз ғана мөлшері болады – жалпы гемоглобин мөлшерінің шамамен 1 %-ынан аспайды. Метгемоглобинемия кезінде ағзаның ішкі реттеу механизмдері дисгемоглобин концентрациясын бақылауға қабілетсіз болады, соның нәтижесінде эритроциттердің оттегін тасымалдау қызметі бұзылады.

Нитраттықластанудың негізгі көздерінің бірі – ауыл шаруашылығы қызметі. Егін шаруашылығында өнімділікті арттыру мақсатында азотты тыңайтқыштар кеңінен қолданылады. Бірақ олардың артық мөлшері топырақта жиналып, жаңбыр немесе суару нәтижесінде жер асты және жер үсті суларына өтіп кетуі мүмкін. Нәтижесінде нитраттар су экожүйелеріне түсіп, қоршаған ортаның ластануына әкеледі [4].

Нитраттардың ең көп мөлшері (70%) адам ағзасына өсімдік текті тағамдарды тұтыну арқылы түседі, 20%-ы ауыз сумен, 10%-ы ет өнімдерімен және тек 0,1%-ы тыныс алу жолдары арқылы түседі [3]. Өсімдіктер құрамында нитраттардың болуы – қалыпты құбылыс, өйткені олар осы организмдер үшін азоттың негізгі көзі болып табылады. Алайда олардың шамадан тыс жиналуы өте жағымсыз, себебі нитраттардың жоғары мөлшері адам мен ауыл шаруашылығы жануарлары үшін жоғары уыттылыққа ие. Нитраттардың ең көп мөлшері тамыр жемістерде (картоп, қызылша, сәбіз, шалғам), бақша дақылдарында (қарбыз, қауын), жапырақты көкөністерде (шпинат, салат), крестгүлді көкөністерде (қырыққабат), сондай-ақ асқабақ тұқымдас өсімдіктердің жемістерінде (қияр, кәді) жиналады. Бұл өсімдіктер топырақтан азот қосылыстарын белсенді түрде сіңіреді. Нитраттардың өсімдіктің әр бөлігінде жиналуы әртүрлі болады.

Мысалға алатын болсақ:

- 1 Сәбізде-өзегінде (ортасында)
- 2 Қиярда-қабығына жақын бөлігінде
- 3 Қызылшада-жоғарғы бөлігінде және тамыр мойнында
- 4 Картопта-қабығының астында.

Кейбір көкөністер үшін нитраттардың шамамен рұқсат етілген мөлшері:

Кесте 1– Нитраттардың рұқсат етілген мөлшері

Көкөніс	Рұқсат етілген мөлшері
Баклажан	100мг/кг
Картоп	150мг/кг
Қияр	150мг/кг
Қырыққабат	500мг/кг
Сәбіз	250мг/кг
Қызылша	1400мг/кг
Қызанақ	150мг/кг

Ал Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының деректері бойынша адам үшін нитраттардың тәуліктік қауіпсіз мөлшері шамамен 3,6-3,7 мг/кг дене салмағы болып табылады [6].

Тағам өндірісінде нитриттер шұжық өнімдерін ыстау кезінде, ет және балық консервілерін дайындауда, сондай-ақ өнімдердің иісі мен дәмін күшейту мақсатында қолданылады [2]. Жануар текті өнімдерді ұзақ уақыт көп мөлшерде тұтыну нитраттармен созылмалы тағамдық улануға әкелуі мүмкін. Адамдардың улануы нитраттар немесе нитриттер мөлшері жоғары су мен өсімдік және жануар текті тағамдарды тұтынған кезде пайда болады. Нитраттардың артық мөлшеріне әсіресе өмірінің алғашқы айларындағы балалар өте сезімтал келеді. Сапасыз суды пайдаланудан болатын уланудың белгілері 1-1,5 сағаттан кейін-ақ байқала бастайды. Уланудың әдеттегі белгілеріне іштің ауыруы, құсу және сілекейдің көп бөлінуі жатады. Сонымен қатар еріндердің, шырышты қабықтардың, беттің және тырнақтардың көгеруі байқалады.

Тағам арқылы нитраттармен улану 4-6 сағаттан кейін байқалады және алдымен терінің көгеруімен сипатталады. Нәжісте кейде қан аралас болуы мүмкін. Сонымен қатар жалпы әлсіздік, ұйқышылдық, көздің қарауытуы, қатты бас ауруы байқалады, ал балаларда қатты мазасыздық пайда болады. Ауыр улану жағдайларында тырысу және есінен тану байқалуы мүмкін. Нитраттар әсіресе емшектегі балалар үшін өте қауіпті, себебі олардың ферменттік жүйесі толық қалыптаспаған және метгемоглобиннің қайтадан гемоглобинге айналу процесі баяу жүреді. Сонымен қатар нитраттардың әсері жүрек-қан тамырлары аурулары, бүйрек және бауыр аурулары, сондай-ақ қаназдықпен ауыратын егде жастағы адамдар үшін

де қауіпті болып табылады. Нитраттармен уланған жағдайда ең алдымен келесі шараларды қолдану қажет:

асқазанды мол мөлшердешаю;
 белсендірілгенкөмірқабылдау;
 тұздышжүргізетіндәрілерді қабылдау (глаубер тұзы немесе ағылшын тұзы).

Үй жағдайында көкөністердегі нитраттардың мөлшерін азайтуға болады. Ол үшін бірнеше қарапайым әдістер қолданылады.

Олар:

1. Көкөністерді ағын сумен жақсылап жуу.
2. Қабығын аршу, себебі нитраттар көбіне қабыққа жақын орналасады.
3. Көкөністерді суға біраз уақыт салып қою.
4. Пісіру немесе қайнату кезінде нитраттардың біраз бөлігі суға өтеді.
5. Көкөністің нитрат көп жинақталатын бөлігін кесіп алу, сәбіздің ортасын.

Бұл әдістер тағамдағы нитраттардың мөлшерін едәуір азайтуға көмектеседі. Көкөністерді нитрат мөлшеріне міндетті түрде тексеруден өтетін сенімді базарлар мен дүкендерден сатып алған дұрыс. Сондай-ақ арнайы құрал сатып алып, өнімдердің құрамын өз бетіңізше тексерген жөн. Мұндай құралдар өте дәл нәтижеге толық кепілдік бере алмайды, алайда алынған көрсеткішке белгілі бір деңгейде бағдар жасауға болады.

Нитраттардың қоршаған ортаға әсері де маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Ауыл шаруашылығы алқаптарынан шайылып кеткен нитраттар өзендер мен көлдерге түсіп, эвтрофикация процесін тудырады. Бұл су айдындарында балдырлардың шамадан тыс көбеюіне әкеледі. Нәтижесінде суда еріген оттегінің мөлшері азайып, балықтар мен басқа да су организмдерінің тіршілігіне қауіп төнеді [2].

Нитраттық ластанудың тағы бір маңызды салдары – жер асты суларының ластануы. Көптеген елдерде ауыз су көздерінде нитраттардың жоғары мөлшері анықталған. Бұл мәселе әсіресе ауыл шаруашылығы дамыған аймақтарда жиі кездеседі.

Нитраттардың белгілі бір деңгейде пайдалы қасиеттері де бар. Олар өсімдіктердің өсуіне қажетті азот көзі болып табылады және ауыл шаруашылығы өнімдерінің өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сондықтан тыңайтқыштарды қолдану толықтай

тоқтатылмайды, бірақ оларды ғылыми негізде және мөлшермен пайдалану қажет.

Қазіргі уақытта нитраттық ластануды азайту үшін түрлі шаралар қолданылуда. Соның ішінде тыңайтқыштарды дұрыс мөлшерде қолдану, дәлме-дәл егіншілік технологияларын енгізу және топырақтың құрамын тұрақты бақылау маңызды болып табылады. Сонымен қатар су ресурстарын қорғау және ағынды суларды тазарту технологияларын жетілдіру де маңызды рөл атқарады. Тағам өнімдеріндегі нитраттардың мөлшерін бақылау да маңызды шаралардың бірі болып табылады. Көптеген елдерде азық-түлік өнімдеріндегі нитраттардың шекті рұқсат етілген мөлшері белгіленген. Бұл нормалар адам денсаулығын қорғау мақсатында енгізілген. Нитраттық ластану қазіргі заманның маңызды экологиялық мәселелерінің бірі болып табылады. Азотты тыңайтқыштарды тиімді және ғылыми негізде пайдалану, су ресурстарын қорғау және тағам өнімдерінің қауіпсіздігін бақылау арқылы бұл мәселені азайтуға болады. Сонымен қатар қоғамның экологиялық мәдениетін арттыру және ғылыми зерттеулерді дамыту нитраттық ластанудың салдарын төмендетуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Кенжебаев Б. К., Сарсенбаев Н. С. Қоршаған орта экологиясы. – Алматы: Бастау, 2017. – 312 б.
- 2 Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі: оқу құралы – Б. Т. Тнымбаева, А. Б. Тоқтамысова, Алматы 2022. – 250 б.
- 3 Гигиена питания / Под ред. А. А. Покровского. – Москва: Медицина, 1982. 384 с.
- 4 Коробкин В. И., Передельский Л. В. «Экология: учебное пособие» – М.: Феникс, 2005. – 576 с.
- 5 Nitrates, nitrites, and methemoglobinemia. Environmental Research, 1970.
- 6 World Health Organization. Nitrates, nitrites and N nitroso compounds. Environmental Health Criteria 5. Geneva: WHO, 1978/1981. – 321 pp.

УРБАНДАЛҒАН ЭКОЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ АТМОСФЕРАЛЫҚ АУА САПАСЫН БИОИНДИКАЦИЯЛАУДА АҒАШ ТЕКТЕС ӨСІМДІКТЕРДІҢ РӨЛІ

ҚАЛЫҚ С. С.

магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

АРЫНОВА Ш. Ж.

PhD, қауымд. профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Қазіргі кезеңде урбанизация үдерісінің қарқынды дамуы табиғи экожүйелерге антропогендік жүктеменің артуына әкеліп отыр. Өнеркәсіптік өндіріс, автокөлік ағынының көбеюі және энергетикалық кешендердің жұмыс істеуі қалалық аумақтарда атмосфералық ауаның сапасына елеулі әсер етеді. Мұндай жағдайда қоршаған ортаның жай-күйін бағалаудың тиімді тәсілдерінің бірі – биоиндикациялық әдістерді қолдану. Биоиндикация тірі организмдердің морфологиялық, физиологиялық және биохимиялық өзгерістерін талдау арқылы экологиялық факторлардың әсерін анықтауға мүмкіндік беретін экологиялық мониторингтің маңызды бағыты болып табылады. Бұл тәсіл қоршаған орта факторларының жиынтық ықпалын бағалауға мүмкіндік береді, сондықтан дәстүрлі инструменталдық талдау әдістерін толықтыратын ғылыми құрал ретінде кеңінен пайдаланылады [1, 11 б.].

Биоиндикациялық зерттеулердің теориялық негізі тірі организмдердің қоршаған ортаның өзгерістеріне сезімталдығына негізделеді. Ластаушы заттардың әсері нәтижесінде организмдердің морфологиялық құрылымында, физиологиялық процестерінде немесе тіршілік белсенділігінде түрлі ауытқулар байқалады. Осы өзгерістер қоршаған ортаның экологиялық күйін жанама түрде сипаттайтын көрсеткіштер ретінде қарастырылады. Биоиндикация әдістерінің ғылыми маңыздылығы – олардың экожүйелердегі кешенді өзгерістерді тірі жүйелердің реакциясы арқылы анықтау мүмкіндігінде. Мұндай тәсіл табиғи ортаның ластануын тек химиялық құрам бойынша ғана емес, сонымен қатар оның биологиялық әсері тұрғысынан да бағалауға жағдай жасайды [2, 56 б.].

Биоиндикация практикасында екі негізгі бағыт ажыратылады: пассивті және белсенді. Пассивті биоиндикация табиғи жағдайда тіршілік ететін организмдердегі морфологиялық немесе физиологиялық ауытқуларды зерттеуге негізделеді. Мұнда организмдер қоршаған орта факторларының ұзақ мерзімді әсерін бейнелейтін табиғи индикаторлар ретінде қарастырылады. Ал

белсенді биоиндикация немесе биотестілеу арнайы тандалған организмдерді стандартталған жағдайларда белгілі бір фактордың әсеріне ұшырату арқылы жүзеге асырылады. Бұл әдіс экологиялық факторлардың уыттылығын анықтауға және олардың тірі организмдерге ықпалын салыстырмалы түрде бағалауға мүмкіндік береді [3, 42 б.].

Биоиндикаторлық организмдер реакция сипатына байланысты екі топқа бөлінеді. Бірінші топқа стресс факторларына жоғары сезімталдық танытатын түрлер жатады. Олар қоршаған ортаның өзгерістеріне тез жауап беріп, тіршілік нормасынан айтарлықтай ауытқулар арқылы экологиялық жағдайдың нашарлауын көрсетеді. Екінші топ – кумулятивтік биоиндикаторлар. Бұл организмдер ластаушы заттарды өз ұлпаларында жинақтау қабілетімен ерекшеленеді. Мұндай қасиет қоршаған ортадағы ластану деңгейін ұзақ мерзімді тұрғыдан бағалауға мүмкіндік береді.

Биоиндикатор ретінде қолданылатын организмдерге белгілі бір талаптар қойылады. Ең алдымен, индикаторлық түр кең таралған және түрлі табиғи-климаттық жағдайларда кездесуі тиіс. Сонымен қатар оның экологиялық бейімделгіштігі жоғары болуы, белгілі бір аумақта тұрақты популяция құра алуы және антропогендік факторлардың тікелей әсеріне тәуелді болмауы маңызды. Бұдан бөлек, индикаторлық организмдердің экотоксиканттарға сезімталдығы айқын байқалып, олардың реакциясы визуалды немесе аспаптық әдістер арқылы оңай тіркелуі қажет. Осындай талаптардың орындалуы биоиндикациялық зерттеулердің нәтижелерін сенімді әрі ғылыми негізделген түрде интерпретациялауға мүмкіндік береді.

Қалалық экожүйелерде атмосфералық ауаның сапасын бағалауда өсімдіктер, әсіресе ағаш тектес түрлер, тиімді биоиндикаторлар қатарына жатады. Өсімдіктердің жапырақтары мен қылқандары атмосферамен тікелей байланыста болғандықтан, олар ауа құрамындағы газ тәрізді және аэрозольдік ластаушы заттарды белсенді түрде сіңіреді. Соның нәтижесінде өсімдіктер ұлпаларында физиологиялық және морфологиялық өзгерістер байқалады. Мұндай өзгерістер атмосфералық ластанудың деңгейін бағалауда маңызды көрсеткіш ретінде пайдаланылады [4, 16 б.].

Қылқан жапырақты ағаштардың ішінде кәдімгі қарағай (*Pinus sylvestris* L.) атмосфералық поллютанттарға жоғары сезімталдығымен ерекшеленеді. Бұл түр күкірт диоксиді, азот оксидтері, фторлы қосылыстар және ауыр металдар сияқты ластаушы заттардың әсеріне айқын физиологиялық реакция көрсетеді. Ластану

деңгейінің артуы қылқан жапырақтардың морфометриялық параметрлерінің өзгеруіне, фотосинтез қарқындылығының төмендеуіне және хлорофилл мөлшерінің азаюына әкелуі мүмкін. Сонымен қатар газ алмасу процесінің бәсеңдеуі және қылқандардың мерзімінен бұрын түсуі де атмосфералық ластанудың жанама индикаторлары болып саналады. Мұндай морфо-физиологиялық өзгерістерді талдау арқылы қоршаған ортаның экологиялық күйін салыстырмалы түрде бағалауға болады [5, 12 б.]. Дипломдық зерттеу жұмысында Павлодар парктеріндегі кәдімгі қарағай қалалық орта индикаторы ретінде қарастырылды. Жүргізілген салыстырмалы-аналитикалық шолу үш урбанизацияланған аймақ арасындағы экологиялық айырмашылықтарды нақты сипаттайды. Мәшһүр Жүсіп алаңы мен Металлургтер саябағы – ластаушы заттардың жоғары деңгейімен және инелердің айқын морфобиологиялық зақымдалуымен сипатталса, Орталық алаңда ластаушылардың концентрациясы өте жоғары болғанымен, өсімдіктердің күйі салыстырмалы түрде тұрақты болып көрінеді (1-кесте) [6, 25 б.].

Кесте 1 – Кәдімгі қарағай қылқандарының жай-күйін зерттеу

Қарағай күйі	Жалпы бұтақ саны			Инелердің жалпы үлесі зерттелгендер саны, %		
Аймақтар	1	2	3	1	2	3
Зерттелген қарағай саны	10	10	10	100%	100%	100%
Некроз деңгейі:						
1 деңгей;	21%	20%	3%	25%	35%	28%
2 деңгей;	61%	68%	21%	31%	48%	23%
3 деңгей.	18%	12%	76%	44%	17%	49%
Хлороз деңгейі:						
1 деңгей;	15%	39%	51%	20%	46%	45%
2 деңгей;	56%	18%	4%	44%	21%	14%
3 деңгей;	22%	41%	12%	25%	28%	7%
4 деңгей.	7%	2%	33%	11%	5%	34%

Қалалық экожүйелердегі атмосфералық ауаның сапасын бағалауда қылқан жапырақты ағаштармен қатар жапырақты ағаш түрлері де маңызды биоиндикаторлар болып табылады. Олардың ішінде терек (*Populus spp.*) және қайың (*Betula spp.*) урбандалған ортадағы экологиялық өзгерістерге сезімталдығымен ерекшеленеді.

Терек жапырақтарының үлкен беткі ауданы мен морфологиялық құрылымы ауадағы шаң-тозаң мен ауыр металл бөлшектерін тиімді жинақтауға мүмкіндік береді. Атмосфералық ластану жағдайында

жапырақтарда некроз ошақтары, пигменттік өзгерістер және фотосинтез қарқындылығының төмендеуі байқалады [7, 34 б.].

Қайың ағашы да атмосфералық ластаушы заттарға, әсіресе күкірт диоксиді мен азот оксидтеріне сезімтал болып келеді. Ластану әсерінен жапырақтарда хлороз, сарғаю, морфометриялық өзгерістер және мерзімінен бұрын түсу сияқты белгілер байқалуы мүмкін [8, 22 б.].

Қалалық ортада өсімдіктер тек биоиндикаторлық функция атқарып қана қоймай, сонымен қатар экожүйелік қызметтердің маңызды кешенін жүзеге асырады. Ең алдымен, олар атмосфералық ауаны тазарту процесіне қатысады. Жапырақтардың беткі құрылымы аэрозольдік бөлшектерді, шаң-тозаңды және түрлі газ тәрізді ластаушыларды ұстап қалуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар фотосинтез процесі барысында өсімдіктер көмірқышқыл газын сіңіріп, атмосфераға оттегін бөледі. Осылайша, қалалық жасыл желектер ауа құрамының табиғи тепе-теңдігін сақтауға ықпал етеді [9, 48 б.].

Өсімдіктердің тағы бір маңызды қызметі – қалалық микроклиматты реттеу. Ағаштар мен бұталардың көлеңке беруі және транспирация процесі арқылы булану нәтижесінде ауаның температурасы төмендеп, ылғалдылық деңгейі реттеледі. Бұл әсіресе жаз мезгілінде қалалық «жылу аралы» құбылысының әсерін азайтуда маңызды. Сонымен қатар өсімдіктер жел жылдамдығын төмендетіп, жел эрозиясының алдын алады. Жасыл желектердің топырақ пен су ресурстарын қорғаудағы маңызы да ерекше. Өсімдіктердің тамыр жүйесі топырақ құрылымын бекітіп, эрозиялық процестерді әлсіретеді. Сонымен бірге кейбір өсімдік түрлері ауыр металдар мен басқа да токсиндерді жинақтап, топырақтың табиғи тазалануына ықпал етеді. Мұндай құбылыс фиторемедиация деп аталады және ол урбанизацияланған аумақтарда экологиялық тұрақтылықты сақтауда маңызды рөл атқарады.

Қалалық өсімдіктер жамылғысы акустикалық жайлылықты қамтамасыз етуде де маңызды қызмет атқарады. Ағаштар мен бұталардың тығыз жапырақ жамылғысы дыбыстық толқындарды жұтып немесе шашыратып, шудың таралуын әлсіретеді. Бұл әсіресе көлік қозғалысы қарқынды аймақтарда маңызды, өйткені жасыл белдеулер шу деңгейін бірнеше децибелге дейін төмендетуге қабілетті. Сонымен қатар өсімдіктер урбанизация жағдайында биоәртүрлілікті сақтауға мүмкіндік беретін негізгі экологиялық факторлардың бірі болып табылады. Қалалық жасыл

аймақтар көптеген жануарлар, құстар және бунақденелілер үшін тіршілік ортасын қалыптастырады. Мұндай экожүйелік байланыстар биотикалық қауымдастықтардың тұрақтылығын сақтап, экожүйелердің қалпына келу қабілетін арттырады.

Осылайша, ағаш тектес өсімдіктер урбандалған экожүйелерде екі түрлі экологиялық функцияны қатар атқарады: бір жағынан олар атмосфералық ауаның ластану деңгейін көрсететін сенімді биоиндикаторлар болып табылады, ал екінші жағынан қоршаған ортаның сапасын жақсартуға бағытталған маңызды экожүйелік қызметтерді жүзеге асырады. Сондықтан қалалық аумақтардағы жасыл желектерді сақтау, олардың түрлік құрамын ғылыми негізде жоспарлау және биоиндикациялық зерттеулерді жүйелі түрде жүргізу экологиялық мониторингтің тиімділігін арттырудың маңызды шарты болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Ляшенко О. А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды. – М.: ГТУРП. – 2012. – 67 с. [Электронды ресурс] – URL: <https://nizrp.narod.ru/bioindikaziya.pdf>

2 Бубнов А. Г., Гриневича В. И. Биотестовый анализ: учебно-методическое пособие. – М.: Иваново. – 2007. – 112 с. [Электронды ресурс] – URL: https://obt.bio/sites/default/files/uchebnoe_posobie_ighnu_biotestirovanie-bioindikatsiya.pdf

3 Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах: учебное пособие для высших учебных заведений. – М.: РГГМУ. – 2019. – 140 с. [Электронды ресурс] – URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_bc980f344501434587067731d9a292f6.pdf

4 Алексеев В. А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – М.: Наука. – 1990. – 197 с.

5 Рустемовна М. А. Оценка состояния сосны обыкновенной (*Pinussylvestris* L.) методами фитоиндикации: – М.: Казань. – 2012. – 96 с. [Электронды ресурс] – URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F1943917036/Murtazina.A.R._2012..pdf

6 Қалық С. С. Павлодардың парктеріндегі өсімдіктердің жағдайы қалалық орта индикаторлары ретінде : дипломдық жұмыс. – Павлодар, 2025. – 32 б.

7 Тарабрин В. П. Устойчивость растений к промышленному загрязнению окружающей среды. – М.: Пром. Ботаника. Киев. – 1980. – 109 с.

8 Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах: учебное пособие для высших учебных заведений. – М.: РГГМУ. – 2019. – 140 с. [Электронды ресурс] – URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_bc980f344501434587067731d9a292f6.pdf

9 Булохов А. Д. Экологическая оценка среды методами фитоиндикации. – М.: Брянск. – 1996 – 104 с.

ЗЕЛЁНЫЙ ГОРОД НАЧИНАЕТСЯ С СЕМЕНИ

ШАРИПОВА З. А.

учитель географии , школа-гимназия №24, г. Экибастуз

САРСЕКЕЕВА А. Ж.

учитель биологии , школа-гимназия №24, г. Экибастуз

Современная урбанизация диктует новые правила существования человека в городской среде. Одной из главных проблем крупных городов является дефицит качественных зеленых насаждений. Деревья не только очищают воздух от углекислого газа, но и снижают уровень шумового загрязнения, регулируют температурный режим и создают благоприятный психологический климат. Однако закупка готовых саженцев в питомниках обходится городскому бюджету крайне дорого, а приживаемость «привозных» деревьев составляет менее 60 %. [2, с. 67].

Актуальность выбранной темы обоснована тем, что использование семян деревьев с маркировкой на палочках для мороженого, является экологичным методом, который способствует формированию бережного отношения к природе и увеличения количества зеленых насаждений, а так же помогает привлекать внимание к вопросам охраны окружающей среды. [5, с. 78].

Мы считаем, что решение этой проблемы должно начинаться со школы. Выращивание дерева из семян «Яблони» и «Вишни» позволяет получить растение, которое с первых дней жизни адаптировано к местному составу почвы, качеству воды и атмосферным особенностям региона.

Цель работы: Провести комплексное исследование процесса прорастания семян клена, яблони и вишни и доказать возможность массового получения жизнеспособных саженцев в условиях школьного эксперимента. [3, с. 12]

Задачи:

1 Изучить биологические особенности покоя семян выбранных видов.

2 Провести эксперимент по имитации природных условий (стратификация).

3 Отработать технологию посадки и системы индивидуальной маркировки.

4 Проанализировать динамику роста и составить сравнительные таблицы.

Гипотеза: Если высаживать семена деревьев и кустарников с использованием палочек от мороженного в качестве маркеров, то это поможет увеличить количество насаждений, что приведет к улучшению экологического состояния окружающей среды. [10, с. 52].

Мы изучили, что семена клена, яблони и вишни обладают так называемым «физиологическим покоем». В природе это защищает их от прорастания в период временных осенних оттепелей. Для запуска биохимических процессов (распада ингибиторов роста) семенам необходима стратификация - длительное воздействие низких положительных температур во влажной среде. [7, с. 45].

Проанализировали пригодность выбранных деревьев для нашего города:

Клен остролистный: Обладает высокой газоустойчивостью и быстро формирует густую крону. Яблоня и вишня: Являются важными элементами «зеленого каркаса», обеспечивая цветение весной и кормовую базу для городских птиц зимой. [9, с. 52].

Сбор семян проводился в октябре-ноябре на прилегающей к гимназии территории. Семена были очищены и помещены в контейнеры с влажным речным песком. Контейнеры содержались при температуре +3°C - +5°C в течение 90–120 дней. [6, с. 41].

В феврале семена, прошедшие стратификацию, были высажены в торфо-песчаный субстрат. Особое внимание было уделено маркировке. Возле каждого семени мы установили деревянный указатель.

Для повышения интереса и наглядности на каждой палочке-маркере будет, наносится надпись: «Посади меня – и я стану деревом».

Этот лозунг несет глубокий смысл: он напоминает, что любая великая цель, зелёный город начинается с малого шага - одного семени. Маркировка позволит закрепить ответственность за каждым участником проекта.

В ходе наблюдения за сеянцами в течение 3 месяцев были сформированы следующие данные. [8, с. 56].

Таблица 1 – Всхожесть семян после стратификации

Вид дерева	Кол-во семян (шт)	Кол-во всходов (шт)	Всхожесть (%)	Срок появления всходов (дни)
Клен остролистный	40	36	90%	10–14
Яблоня домашняя	40	28	70%	18–22
Вишня обыкновенная	40	18	45%	25–35

Результат всхожесть семян после стратификации Клен показал наилучшие результаты, что подтверждает его высокую адаптивность. Вишня имеет самый низкий процент из-за крайне плотной косточки, требующей более длительной обработки. [1, с. 67].

Таблица 2 – Динамика вегетативного роста (высота в см)

Объект наблюдения	2-я неделя	4-я неделя	8-я неделя	12-я неделя
Клен	3.2	7.5	16.0	25.5
Яблоня	1.5	4.0	8.5	13.0
Вишня	1.0	2.5	5.0	9.2

Результат динамики вегетативного роста, наибольший вегетативный рост показал клён: его высота увеличилась с 3,2 см на 2-й неделе до 25,5 см к 12-й неделе. Яблоня и вишня росли медленнее, при этом яблоня достигла 13,0 см, а вишня — 9,2 см, что свидетельствует о различиях в темпах роста растений.

Таблица 3 – Сравнительная стоимость озеленения (на 100 деревьев)

Статья расходов	Покупка саженцев (питомник)	Свой питомник (из семян)
Материал	450 000 тенге	0 тенге
Инвентарь и почва	0 тенге	12 000 тенге
Логистика	15 000 тенге	0 тенге
ИТОГО	465 000 тенге	12 000 тенге

Сравнение показывает, что традиционное озеленение с использованием покупных саженцев требует значительных затрат - 465 000 тенге на 100 деревьев, тогда как выращивание из семян, в том числе с использованием маркеров с семенами, обходится всего в 12 000 тенге. Таким образом, применение семян на маркерах является не только более экономичным, но и удобным способом массового озеленения.

Эксперимент показал, что выращивание деревьев из семян в условиях школы-гимназии №24 города Экибастуз является не только биологически возможным, но и экономически выгодным:

1 Клен рекомендуется для создания защитных полос вдоль дорог.

2 Яблоня и вишня идеально подходят для внутреннего двора школы, парков и т.д.

3 Маркировка с надписью «Посади меня – и я стану деревом» существенно повысила вовлеченность учащихся: гибель ростков по неосторожности (забытый полив и т.д.) в группах с маркировкой была на 40% ниже, чем в контрольной группе без надписей.

Закключение.

Проведённое исследование убедительно доказало, что выращивание деревьев из семян в школьных условиях является не только реальным, но и перспективным направлением экологического воспитания и озеленения городской среды. Наилучшие результаты по всхожести и темпам роста показал клён, что делает его наиболее подходящим для массовых посадок, тогда как яблоня и вишня дополняют озеленение, создавая эстетическую и экологическую ценность.

Особую значимость в работе имеет использование палочек-маркеров с надписью «Посади меня – и я стану деревом», которые не только выполняют функцию маркировки, но и формируют у учащихся чувство ответственности и бережного отношения к природе. Экономический анализ показал, что выращивание саженцев из семян в десятки раз дешевле по сравнению с покупкой готовых растений, что делает данный метод доступным для широкого применения.

Таким образом, предложенная технология может стать основой для школьных и городских экологических проектов, объединяя практическую пользу, экономическую эффективность и важную воспитательную миссию. Ведь действительно, зелёный город начинается с одного маленького семени.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кенжебаев С.К. Экология Казахстана. – Алматы: Казак университеті, 2018.

2 Кошанов А.К. Растительный мир Казахстана. – Алматы: Наука, 2016.

3 Курмангалиев А.Б. Древесные растения Казахстана. – Алматы: Бастау, 2017.

4 Алексеев Ю.В. Основы экологии растений. – М.: Просвещение, 2019.

5 Бигон М., Таунсенд К., Харпер Дж. Экология: особи, популяции и сообщества. – М.: Мир, 2018.

6 Вавилов Н.И. Происхождение культурных растений. – Л.: Наука, 1987.

7 Горышина Т.К. Экология растений. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2016.

8 Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи. – М.: Колос, 2015.

9 Николаева М.Г. Семена. Биология покоя и прорастания. – М.: Наука, 2014.

10 Одум Ю. Экология. – М.: Мир, 2017.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ ЖЕЛЕЗА В ПЕРВИЧНОМ АЛЮМИНИИ

ШАРИПОВА К. Б.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

АРЫНОВА Ш. Ж.

PhD, асоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ШАРИПОВА А. К.

магистр, ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Алюминий является необычайно важным металлом для стратегической экономики Республики Казахстан. Он широко используется во многих отраслях благодаря своим физическим и химическим свойствам: высокой коррозионной стойкости, отличной теплопроводности, хорошей пластичности. Использование этого металла охватывает такие направления, как строительство, машиностроение, энергетика, оборонная и авиационная промышленность. Выпуск первичного алюминия требует высокоточной технологии, постоянного строгого контроля сырья, технического сопровождения на всех этапах производства. [1, с.45-46].

Единственным предприятием по выпуску первичного алюминия в Республике Казахстан является Казахстанский электролизный завод, который расположен в Павлодарской области. Завод находится

в составе алюминиевого кластера страны и производит полный цикл электролитического производства алюминия из глинозема. Данный электролизный завод представляет собой различные промышленные комплексы, которые включают корпуса электролиза, анодное производство, склады сырья, энергетические установки и системы очистки газов и вспомогательные производства. [1, с.46-47].

Основным сырьем для данного производства является глинозем, поступающий на КЭК с другого соседнего предприятия АО «Алюминий Казахстана». Глинозем представляет собой оксид алюминия высокой чистоты. Особое значение, как и в любом производстве, имеет химический состав используемого сырья. Помимо оксида алюминия, в глиноземе присутствуют примеси оксидов железа, титана, натрия, кремния. [2, с.78–84].

Одним из показателей качества первичного алюминия является процентное содержание железа, которое определяется в центральной заводской лаборатории. Наличие железа в глиноземе влияет на качество конечного продукта. Железо может попасть в алюминий несколькими способами, как из глинозема, так и из анодных и катодных материалов во время электролиза. Повышенное содержание железа влияет на пластичность и электропроводность алюминия, что в свою очередь повлияет на качество готового продукта. [3, с.120–126].

Электролизный цех является самым главным подразделением КЭК, там осуществляется восстановление алюминия из глинозема. Глинозем подается в электролизеры дозированно и растворяется в расплаве криолита при температуре около 960 °С. Под действием непрерывного электрического тока алюминий восстанавливается и накапливается в жидком состоянии на катоде электролизера.

Железо, которое присутствует в глиноземе или поступает из футеровки и оборудования, частично переходит в алюминий. Поэтому стабильность химического состава электролита и контроль примесей имеют особое значение для КЭК. Примеси, содержащие железо, могут поступать в алюминий через анодные материалы, что в свою очередь включает в систему лабораторного контроля, помимо определения содержания глинозема и алюминия, контроль анодов и анодных масс. [4, с.200–205].

Жидкий алюминий из электролизеров, поступает в литейных цех, где металл подвергается рафинированию, дегазации и очистке от неметаллических включений. После этого алюминий разливают в чушки, заготовки или слитки. После этого этапа проводится

окончательный контроль химического состава, который строго нормируется в зависимости от марки алюминия. Марка алюминия зависит от химического состава, степени чистоты металла, содержания примесей. Для первичного алюминия чем выше содержание чистого алюминия в составе слитка, тем выше марка:

- А85 – не менее 99,85 % алюминий;
- А95 – не менее 99,95 % алюминия;
- А995 – не менее 99,995 % алюминия.

Железо является одной из наиболее критичных примесей в первичном алюминии. На Казахстанском электролизном заводе содержание железа напрямую влияет:

- на соответствие алюминия государственным и международным стандартам;
- на механические и технологические свойства металла;
- на конкурентоспособность продукции на внешних рынках.

[5, с.15–19].

Содержание железа и кремния, которые являются основными технологическими примесями, влияют на пластичность, электропроводность, коррозионную стойкость и литейные свойства.

Качество глинозема и в последующем готового первичного продукта алюминия контролируют в специализированных лабораториях на территории завода. Для определения железа применяются химические и физические методы анализа. Под химическим методом понимается метод мокрой химии с применением спектрофотометра на основании ГОСТ 12697,7-77. Сущность метода состоит в растворении пробы в соляной кислоте, восстановлении трехвалентного железа до двухвалентного гидроксилamina, образовании оранжевого комплекса двухвалентного железа с 1,10-фенантролином и последующем измерении оптической плотности при длине волны 510 нм. Интенсивность окрашенного раствора пропорциональна концентрации железа и измеряется с использованием специального оборудования, фотоколориметра или спектрофотометра (рисунок 1). [6, с.107–110].



Рисунок 1 – Спектрофотометр модели 722S

Отбор проб алюминия на Казахстанском электролизном заводе происходит в соответствии установленным требованиям, прописанных в регламенте. В центральной лаборатории существует специализированная лаборатория, которая занимается отбором и подготовкой проб. Отбор производится путем применения токарного станка методом фрезерования или сверления образца. Готовая стружка должна быть однородной и мелкой, так как крупные стружки металла могут неравномерно растворяться во время анализа. При необходимости подвергают пробу сушке в сушильном шкафу для удаления влаги при температуре 105 °С. По окончании всех этапов по подготовке проб для анализа, их передают в лабораторию химических методов анализа, где и осуществляется основное действие по определению содержания примесей.

Второй этап – процесс анализа проб. Все этапы работы в лаборатории производятся согласно установленному регламенту или ГОСТ. Вначале производится подготовка специальной химической посуды, в которой будут находиться реактивы для приготовления растворов и сами окрашенные растворы. Для контроля и повышения точности конечных результатов анализа, параллельно с пробами выдается государственный стандартный образец с уже известным содержанием элемента, который определяется в данном методе.

Навеску алюминия массой 0,5-1 г помещают в химический стакан на 250 см³, приливают 30 см³ соляной кислоты концентрацией 1:1 с помощью цилиндра и 1 см³ раствора пероксида водорода с

помощью градуированной пипетки и накрывают стакан часовым стеклом. После того как бурная реакция закончится, стакан нагревают до растворения навески, далее обмывают стекло и стенки стакана дистиллированной водой. После охлаждения пробы переводят раствор в мерную колбу вместимостью 250 см³, доливают до метки водой и перемешивают.

Если раствор мутный, его фильтруют через сухой беззольный фильтр «синяя лента». Отбрасывают первые порции фильтрата, собирая раствор в сухую, заранее подготовленную колбу. Отбирают пипеткой 5-50 см³ раствора в зависимости от предполагаемой массовой доли железа в мерную колбу вместимостью 100 см³. Разбавляют раствор дистиллированной водой до 50 см³, добавляют 3 см³ раствора гидроксиламина и контролируют pH раствора с помощью индикаторной бумаги, если необходимо, то устанавливают pH раствора между 3,0-3,5, используя раствор аммиака, разбавленного 1:5, или раствор соляной кислоты, разбавленной 1:4, затем добавляют 10 см³ буферного раствора, 5 см³ раствора ортофенантролина, доливают до метки водой и перемешивают.

Через 20 мин измеряют оптическую плотность анализируемого раствора на спектрофотометре или фотоэлектроколориметре, учитывая, что максимум поглощения растворов соответствует длине волны 510 нм. Раствором сравнения служит дистиллированная вода.

Одновременно проводят контрольный опыт. Для этого 30 см³ соляной кислоты, разбавленной 1:1 и 1 см³ пероксида водорода выпаривают до объема 3-5 см³, разбавляют водой, переводят в мерную колбу вместимостью 250 см³, доливают до метки водой и перемешивают. Отбирают аликвотную часть раствора, соответствующую аликвотной части испытуемого раствора, в мерную колбу вместимостью 100 см³ и проводят анализ, как указано выше. [7, с. 29-34]

Спектрометр при определенной длине волны, получает информацию с помощью излучения света, который исходит от раствора и передает на экран. Полученные результаты регистрируют и заносят в специальный, заранее подготовленный график, по которому и происходит пересчет от цифр в процентное содержание железа, который и выдает лаборант по окончании работы. График, по которому данные пересчитывают в процентное содержание, постоянный, заранее построенный, по растворам стандартного образца, содержащий разную концентрацию железа.

Результаты, которые выдает спектрофотометр, должны быть в середине установленного графика, в ином случае, аликвоту пробы переотбирают для точной выдачи показателей. При построении графика, по точкам растворов стандартного образца проводят калибровочную прямую линию и получают зависимость интенсивности сигнала и концентрации элемента. Далее выводят формулу, которая используется для пересчета результатов спектрофотометра в проценты.

Данные результатов анализа, уже в процентном количестве, записываются в рабочие журналы по определенной форме, а также в сводке, которая выдается начальнику лаборатории по окончанию смены. Результаты, которые регистрирует лаборант в рабочий журнал, должны отражать следующую информацию: номер пробы, масса навески, объем аликвоты, оптическую плотность, конечный показатель. При обработке информации необходимо учитывать допустимое расхождение результатов анализа, показатели которых находятся в соответствующем документе. [8, с. 219-223]

Начальник лаборатории, в свою очередь, анализирует результаты на соответствие с допускной системой по схеме контроля и по государственному стандартному образцу, для повышения точности при выдаче результатов. В случае соответствия данных до границ пределов допуска, результаты вносят в специальную программу, если данные не входят в пределы допуска, то проводят повторный анализ. После ввода результатов в программу, контролеры, которые относятся к отделу технического контроля, оформляют протокол, который отражает данные и присваивают марку продукции. Марку алюминия определяют по наихудшему показателю примесей, то есть, по наибольшему его содержанию. Например, если содержание железа в сплаве алюминия достигает 0,10%, то металл соответствует марке А85, если содержание железа – 0,04%, это металл марки А95. Марка алюминия определяется не только по концентрации железа, а по всем нормируемым примесям. [9, с. 1470-1474]

Определение железа в первичном алюминии в среднем требует полной рабочей смены длительностью 10 часов. Анализ проводится раз в месяц в количестве от 3 до 5 образцов, который подтверждает результаты анализов физической лабораторией. В лаборатории также проводят анализ других различных примесей помимо железа, основными являются кремний, титан, медь, ванадий и т.д., Казахстанский электролизный завод выпускает слитки первичного

алюминия с разным содержанием примесей в алюминии, который в свою очередь показывает его спрос на рынке. Определение содержания железа по ГОСТ 12697.7–77 играет ключевую роль в обеспечении стабильного качества алюминия и подтверждении его соответствия нормативным требованиям. [10, с.35–40].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Белов Н. А. Металлургия алюминия. – М. : МИСиС, 2019. – 352 с.
- 2 Лурье А. А. Производство алюминия электролизом. – М.: Металлургия, 2018. – 312 с.
- 3 Справочник по наилучшим доступным техникам «Добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные)». – Астана, 2023. – 410 с.
- 4 Основы металлургии легких металлов / под ред. В. А. Смирнова. – СПб: Лань, 2018. – 420 с.
- 5 Материалы предприятия «Казахстанский электролизный завод». – Павлодар, 2022.
- 6 Технология производства алюминия и алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 2017. – 368 с.
- 7 ГОСТ 12697,7-77, взамен ГОСТ 12703-63, 1977. – 34 с.
- 8 Цветная металлургия Казахстана. – Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2021. – 356 с.
- 9 Habashi F. Handbook of Extractive Metallurgy. – Wiley-VCH, 2003.
- 10 Totten G. Aluminum Handbook. – CRC Press, 2018.

ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГТЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІ ҚОЛДАНУ: МАЛЫБАЙ АУЫЛЫНЫҢ СУ ЖӘНЕ ТОПЫРАҚ ҮЛГІЛЕРІНДЕГІ АУЫР МЕТАЛДАРДЫ ЗЕРТТЕУ

ШОМАНОВА Ж. К.

х.г.д., профессор, Ә.Марғұлан университеті, Павлодар қ.

АЙГОЖИНА Ж. М.

магистрант, Ә. Марғұлан университеті, Павлодар қ.

Қазіргі білім беру жүйесі тек пәндік білімін ғана емес, сонымен қатар функционалдық сауаттылықты дамытуға бағытталған. Бұл мақалада жасыл химия қағидаттарына негізделген пәнаралық тәсіл

арқылы функционалдық сауаттылығын қалыптастыру мүмкіндіктері қарастырылады. Зерттеу нысаны ретінде Павлодар облысы Малыбай ауылының су және топырақ үлгілеріндегі ауыр металдардың таралуы алынды. Зерттеу барысында масс-спектрометриялық талдау нәтижелері пайдаланылып, алюминий, титан, хром, марганец, темір, кобальт, никель, мыс, мырыш, сондай-ақ улы элементтер – мышьяк, цезий, платина, алтын, сынап және қорғасын концентрациялары анықталды. Алынған деректер жасанды интеллект негізіндегі автоэнкодер модельдері арқылы өңделіп, элементтердің кеңістіктік таралу карталары құрылды. Сонымен қатар нәтижелер диаграммалар арқылы визуализацияланып, білім беру процесінде қолдану мүмкіндіктері қарастырылды. Зерттеу нәтижелері пәнаралық тәсілдің химия, биология және география пәндері арасындағы байланысын күшейтетінін және білім алушылардың экологиялық ойлауын, деректерді талдау қабілетін дамытуға ықпал ететінін көрсетті. [1, 12 б.].

Білім беру жүйесі функционалдық құзыреттердің қалыптастыру көздейді. Бұл құзыреттерге сыни ойлау, ақпаратпен жұмыс істеу қабілеті және пәнаралық білімдерді практикалық жағдайларда қолдану дағдылары жатады. Химиялық процестердің қоршаған ортаға әсерін барынша азайтуға бағытталған ғылым саласы ретінде жасыл химия оқушылардың функционалдық сауаттылығын дамыту үшін тиімді негіз болып табылады. Химия, биология және география пәндерін біріктіретін пәнаралық тәсілді қолдану мектеп оқушылары мен студенттерге химиялық құбылыстар мен олардың экожүйеге әсері арасындағы өзара байланысты көруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар олар химиялық элементтердің тірі ағзаларға әсерін бақылап, қоршаған ортадағы заттардың кеңістіктік таралуын зерттей алады. Оқушылардың функционалдық сауаттылығын қалыптастыру жүйелі тәсілді талап етеді. Бұл жағдайда білім беру үдерісі теориялық білім мен практикалық тәжірибені үйлестіру арқылы жүзеге асады және негізгі құзыреттер мен метапәндік дағдылардың дамуын қамтамасыз етеді. Жасыл химияны биология және география пәндерімен педагогикалық тұрғыда интеграциялау экологиялық сананың қалыптасуына жағдай жасап, химиялық процестер мен қоршаған ортаның жағдайы арасындағы себеп-салдарлық байланыстарды сыни тұрғыдан түсінуге мүмкіндік береді. [2, 46 б.].

Білім беру тәжірибесінде цифрлық технологиялар мен деректерді визуализациялау құралдарын енгізу орынды болып

табылады, себебі олар ақпаратты өңдеу, процестерді модельдеу және эксперимент нәтижелерін интерпретациялау дағдыларын дамытуға көмектеседі. Кейс-әдістерге негізделген оқу қызметін ұйымдастыру оқу жағдайларын нақты кәсіби міндеттерге жақындатып, алынған білімнің функционалдық маңызын арттырады. Пәнаралық зерттеулер оқушылардың сыни ойлауын, жүйелік талдау қабілетін және ғылыми әрі экологиялық шешімдердің салдарын болжау дағдыларын дамытуға ықпал етеді. Осылайша, әртүрлі пәндердің мазмұнын ғылыми тұрғыда біріктіру және инновациялық оқыту әдістерін қолдану оқушылардың жоғары деңгейдегі функционалдық сауаттылығын қалыптастыруға жағдай жасайды. Бұл сауаттылық өзгерістерге бейімделу, пәнаралық білімдерді қолдану және тұрақты даму контекстінде негізделген шешімдер қабылдау қабілеттерін қамтиды. [3, 82 б.]

Павлодар облысындағы Малыбай ауылының топырақтарын талдау үшін бес топырақ үлгісіне жүргізілген масс-спектрометриялық талдаудың нәтижелері пайдаланылды. Әрбір үлгі үш рет қайталанып зерттеліп, нәтижесінде жалпы он бес өлшем алынды. Әрбір өлшемде он бес элементтің концентрациясы анықталды. Олардың қатарында алюминий, титан, хром, марганец, темір, кобальт, никель, мыс және мырыш сияқты макро және өтпелі элементтер, сондай-ақ мышьяк, цезий, платина, алтын, сынап және қорғасын сияқты улы және сирек элементтер болды. Алынған деректер екі мақсатта қолданылды: элементтердің таралуын автоэнкодерлер көмегімен модельдеу және концентрациялардың карталарын құру. Модельдеу барысында барлық он бес өлшем он бес өлшемді кеңістіктегі нүктелер ретінде қарастырылды. Жетіспейтін мәндер сәйкес бағанның орташа мәнімен алмастырылып, барлық белгілер орташа мәнді шегеру және стандарттық ауытқуға бөлу арқылы нормализацияланды. [4, 74 б.]

Зерттеу барысында автоэнкодердің үш архитектурасы қолданылды. LinearAE – жасырын қабаттары жоқ сызықтық автоэнкодер, ол белгілер кеңістігінің сызықтық бейнеленуін жүзеге асырады. SmallAE – бір жасырын қабаты және шағын латенттік кеңістігі бар ықшам сызықтық емес автоэнкодер. Бұл модельде ReLU активация функциясы, Adam оптимизаторы және MSE шығын функциясы қолданылды. BigAE – екі жасырын қабаты бар терең сызықтық емес автоэнкодер, ол элементтер арасындағы күрделі сызықтық емес байланыстарды ескеруге мүмкіндік береді. Концентрация деңгейі төмен микроэлементтер (Au, Pt, Hg, Co, As) үшін реконструкция қателіктері өте аз болды.

Бұл автоэнкодер модельдерінің осы элементтердің үлгідегі өзгерістерін дерлік дәл қайта қалпына келтіретінін көрсетеді. Ең үлкен қателіктер макроэлементтер – Al және Cs үшін, сондай-ақ ішінара Cr мен Fe үшін байқалды. Бұл олардың абсолюттік концентрация мәндерінің жоғары болуымен байланысты. Орташа абсолюттік қателік (MAE) мәндері:

LinearAE моделінде: Al ≈ 0.11 , Cs ≈ 0.13

SmallAE моделінде: Al ≈ 0.25 , Cs ≈ 0.15

BigAE моделінде: Al ≈ 0.12 , Cs ≈ 0.078

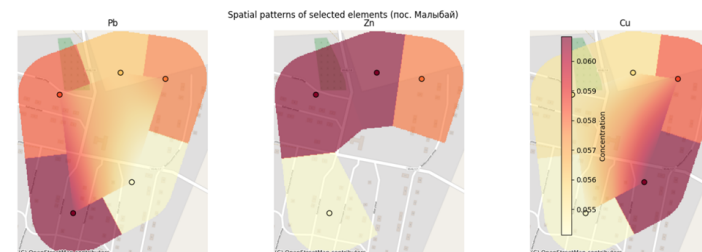
Барлық 15 элемент бойынша орташа есептегенде модельдердің нәтижелері келесідей болды:

1-кесте – Автоэнкодер модельдерінің қателік көрсеткіштері

Модель	Al бойынша MAE	Cs бойынша MAE	Орташа MSE (avg MSE)	Орташа MAE (avg MAE)
LinearAE	≈ 0.11	≈ 0.13	≈ 0.0036	≈ 0.0189
SmallAE	≈ 0.25	≈ 0.15	≈ 0.0065	≈ 0.0301
BigAE	≈ 0.12	≈ 0.078	≈ 0.0022	≈ 0.0169

Элементтердің кеңістіктік таралуын визуализациялау үшін бес топырақ үлгісінің географиялық координаттары пайдаланылды. Олар метрлік өлшем бірліктерімен жұмыс істеу үшін Web Mercator координат жүйесіне түрлендірілді. Зерттеу аймағы үшін дөңес қабықша (convex hull) құрылып, ол 250 метр буфер арқылы кеңейтілді. Кеңістіктік өріс құру үшін есептеу торы жасалып, кубтық интерполяция қолданылды. Карталарды құру кезінде matplotlib кітапханасы және OpenStreetMap картографиялық негізі пайдаланылды.

Түстердің YlOrRd схемасы концентрациялардың өзгеру градиентін көрсетуге мүмкіндік берді. Нәтижесінде алынған карталар топырақтағы элементтердің кеңістіктік таралу құрылымын көрсетеді. Сонымен қатар, карталар топырақтағы ластанудың ықтимал “жоғары қауіпті аймақтарын” анықтауға мүмкіндік береді. Бұл визуализация әдісі оқушылар мен зерттеушілерге деректерді салыстыруға және талдауға көмектеседі. Алынған нәтижелер экологиялық шешімдер қабылдау мен мониторинг жүргізуге негіз бола алады. [5, 116 б.].



1-сурет – Малыбай ауылы аумағындағы элементтер концентрациясының таралу картасы.

Малыбай ауылы топырақтарындағы улы және сирек элементтердің таралуын көрсету үшін мышьяк, цезий, платина, алтын, сынап және қорғасын элементтерінің концентрациялары бойынша диаграмма құрылды. Диаграммада әрбір үлгі жеке баған түрінде көрсетілді, ал бағандардың биіктігі үш өлшем бойынша орташа концентрацияны білдіреді. Диаграммалар деректерді талдаудың құралы ғана емес, сонымен қатар педагогикалық құрал ретінде де қолданылады. Оқушылар деректерді өз бетінше талдап, элементтердің таралу заңдылықтарын анықтап, экологиялық салдарларды талқылай алады. Автоэнкодер модельдері көрсеткендей, деректер көлемі шектеулі болған жағдайда да элементтердің бірлескен таралуын жеткілікті дәлдікпен модельдеуге болады. Кеңістіктік карталар элементтердің таралу үрдістерін көрнекі түрде көрсетуге мүмкіндік береді.

Жүргізілген зерттеу Малыбай ауылының су және топырақ үлгілеріндегі ауыр металдардың таралуын зерттеу арқылы қоршаған ортаның экологиялық жағдайын бағалауға және заманауи цифрлық технологияларды қолданудың тиімділігін көрсетуге бағытталды. Зерттеу барысында алынған нәтижелер химия, экология және ақпараттық технологияларды біріктіретін пәнаралық тәсілдің ғылыми және білім беру тұрғысынан жоғары маңызға ие екенін көрсетті. Су және топырақ үлгілеріне жүргізілген талдау нәтижелері бойынша бірнеше ауыр және сирек элементтердің концентрациясы анықталып, олардың кеңістіктік таралу заңдылықтары зерттелді. Бұл деректер қоршаған ортаның ластану деңгейін алдын ала бағалауға мүмкіндік беріп, экологиялық мониторинг жүргізудің ғылыми негізін қалыптастырады. Зерттеу барысында алынған деректерді өңдеу және талдау үшін жасанды интеллект элементтері

қолданылды. Атап айтқанда, автоэнкодер модельдері көмегімен элементтердің концентрациялары арасындағы өзара байланыстар талданып, олардың кеңістіктік таралуын модельдеу жүзеге асырылды.

Модельдердің нәтижелері көрсеткендей, деректер көлемі салыстырмалы түрде шектеулі болған жағдайда да жасанды интеллект алгоритмдері элементтердің бірлескен таралу құрылымын тиімді түрде анықтай алады. Әсіресе терең нейрондық архитектураға негізделген BigAE моделі деректерді қалпына келтіру дәлдігі бойынша жоғары нәтижелер көрсетті. Бұл модель күрделі сызықтық емес тәуелділіктерді жақсы анықтай отырып, ауыр металдардың таралуындағы жасырын заңдылықтарды сипатталды. [6, 57 б.].

Зерттеу нәтижелерін визуализациялау мақсатында географиялық координаттар негізінде ауыр металдардың кеңістіктік таралу карталары жасалды. Картографиялық модельдеу барысында интерполяциялық әдістер қолданылып, зерттеу аймағының шекарасы анықталды. Нәтижесінде алынған карталар Малыбай ауылы аумағындағы элементтердің таралу ерекшеліктерін көрнекі түрде көрсетуге мүмкіндік берді. Бұл карталар ауыр металдардың ықтимал жиналу аймақтарын анықтауға және экологиялық тәуекелдерді алдын ала бағалауға көмектеседі. Сонымен қатар алынған нәтижелерді диаграммалар мен визуализациялар арқылы көрсету зерттеу деректерін түсінуді жеңілдетіп, олардың ғылыми интерпретациясын айқын етеді. [7,8, 94-127 б.]

Жасалған зерттеу тек экологиялық талдау жүргізумен шектелмей, сонымен қатар білім беру процесінде пәнаралық тәсілді қолданудың тиімділігін де көрсетті. Су және топырақ үлгілерінің нақты деректерімен жұмыс істеу оқушылар мен студенттердің зерттеу дағдыларын дамытуға, деректерді талдау және интерпретациялау қабілетін қалыптастыруға мүмкіндік береді. Мұндай практикалық жұмыстар оқушылардың функционалдық сауаттылығын дамытуға, сыни ойлауын қалыптастыруға және экологиялық мәселелерді ғылыми тұрғыдан түсінуге ықпал етеді. Сонымен қатар GIS-технологиялар мен деректерді визуализациялау құралдарын қолдану оқушылардың цифрлық құзыреттіліктерін дамытуға мүмкіндік береді. [9, 38 б.].

Қорытындылай келе, Малыбай ауылының су және топырақ үлгілеріндегі ауыр металдардың таралуын зерттеу және алынған деректер негізінде жасанды интеллект көмегімен ластану картасын әзірлеу экологиялық мониторинг жүргізудің тиімді тәсілдерінің

бірі болып табылады. Бұл тәсіл ғылыми зерттеулерде ғана емес, сонымен қатар білім беру жүйесінде де кеңінен қолданылуы мүмкін. Алынған нәтижелер пәнаралық интеграцияның, цифрлық технологиялардың және жасанды интеллект әдістерінің үйлесуі қоршаған ортаны зерттеу мен экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету бағытында маңызды рөл атқаратынын көрсетеді. Болашақта зерттеу жұмыстарын кеңейту, үлгілер санын көбейту және ұзақ мерзімді мониторинг жүргізу арқылы алынған нәтижелердің дәлдігін арттыруға және аймақтың экологиялық жағдайын тереңірек зерттеуге мүмкіндік болады. [10, 74 б.].

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Абайұлы С., Мұратова Г. Экологиялық химия: ауыр металдардың топыраққа әсері. – Алматы: Қазақ университеті, 2018. – 210 б.
- 2 Баймұханов Р. Геоинформациялық жүйелер және экология. – Павлодар: «ЭкоПресс», 2017. – 145 б.
- 3 Жолдасов Д., Тілеубай А. Су сапасын бақылау және ауыр металдардың таралуы. – Алматы: Ғылым, 2019. – 132 б.
- 4 Маханов Б., Сәрсенова Ж. Пәнаралық зерттеу әдістері: химия, биология, география. – Алматы: Қазақ университеті, 2016. – 204 б.
- 5 Назарбаев А. Жасыл химия және білім беру: зерттеу әдістері. – Нұр-Сұлтан: Логос, 2020. – 176 б.
- Alloway B. J. Heavy Metals in Soils. – London: Blackie Academic & Professional, 1995. – 368 p.
- 7 Kümmeler K. Green Chemistry: An Introductory Text. – Berlin: Springer, 2013. – 298 p.
- 8 Li X., Zhang Q., Wang D. GIS-based Mapping of Heavy Metal Pollution in Soil. – Environmental Monitoring and Assessment, 2018. – Vol. 190, No. 12, 721 p.
- 9 Pimentel D., Pimentel M. Environmental and Economic Impacts of Soil Contamination. – New York: CRC Press, 2007. – 212 p.
- 10 Tchounwou P. B., Yedjou C. G., Patlolla A. K., Sutton D. J. Heavy Metal Toxicity and the Environment. – EXS, 2012. – Vol. 101, P. 133–164.

Секция 22

Қәсіпорындардағы өнеркәсіптік қауіпсіздік
Промышленная безопасность на предприятиях

**КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ
БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЯХ С НЕПРЕРЫВНЫМ
ЦИКЛОМ ПРОИЗВОДСТВА**

АРЫНОВА Ш. Ж.

PhD, Торайгыров университет, г. Павлодар

АНТОНЕНКО А. А.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Современные промышленные предприятия, функционирующие в режиме непрерывного производственного цикла, характеризуются высокой энергонасыщенностью, сложностью технологических процессов и значительной концентрацией опасных факторов. Металлургические, химические, нефтехимические и энергетические производства не допускают длительных остановок без существенных экономических и технологических последствий, так как любое нарушение ритма работы приводит к потерям сырья, повреждению дорогостоящего оборудования и снижению качества выпускаемой продукции. Дополнительно следует учитывать высокую стоимость пуско-наладочных операций и риски нестабильной работы агрегатов после вынужденных остановок, что особенно характерно для высокотемпературных процессов. В этих условиях обеспечение безопасности становится не вспомогательной функцией, а неотъемлемой частью системы управления предприятием, напрямую влияющей на его устойчивость, надежность и долгосрочную конкурентоспособность.

Традиционный подход к безопасности, основанный на использовании автономных систем пожарной сигнализации, промышленной автоматики, охраны периметра и видеонаблюдения, демонстрирует ограниченную эффективность в условиях сложных и взаимосвязанных производственных процессов. Отсутствие координации между подсистемами приводит к фрагментарному восприятию угроз, задержкам в принятии решений и снижению устойчивости предприятия в аварийных ситуациях. Кроме того, разрозненные системы, как правило, ориентированы на

реагирование, а не на предупреждение опасных событий, что снижает общий уровень промышленной безопасности. Это существенно затрудняет разработку профилактических мер и формирование единой стратегии управления рисками. В связи с этим актуализируется концепция интегрированных систем безопасности, предполагающая объединение разнородных средств защиты в единое информационно-управляющее пространство.

Непрерывный производственный цикл накладывает специфические требования на систему безопасности, отличающие такие предприятия от объектов с дискретным производством. Во-первых, аварийные ситуации развиваются стремительно и часто носят каскадный характер, при котором первичный отказ провоцирует последующие нарушения технологической цепочки. Отказ одного элемента способен вызвать цепную реакцию с тяжелыми последствиями для персонала, оборудования и окружающей среды, а также привести к длительной потере управляемости технологическим процессом. Во-вторых, значительная часть процессов протекает в автоматическом режиме, что существенно повышает роль технических средств мониторинга, диагностики и автоматического реагирования на отклонения параметров без участия оператора.

Дополнительным фактором является невозможность оперативного отключения оборудования для проведения регламентных работ или устранения неисправностей без значительного ущерба для производства. В ряде случаев аварийная остановка может привести к разрушению технологических агрегатов, деформации футеровки или возникновению вторичных опасных факторов, таких как выбросы расплава или опасных газов. Это требует от систем безопасности высокой надежности, отказоустойчивости и способности функционировать в агрессивных производственных средах, включая повышенные температуры, вибрационные нагрузки, запыленность и электромагнитные помехи. Следовательно, безопасность непрерывных производств должна строиться на принципах превентивного контроля, постоянного мониторинга и раннего выявления отклонений от нормальных режимов работы оборудования и процессов.

Интегрированная система безопасности представляет собой совокупность технических, программных и организационных средств, объединенных общей архитектурой управления и направленных на комплексное противодействие угрозам

различной природы. В рамках ИСБ происходит функциональная и информационная интеграция подсистем промышленной безопасности, пожарной безопасности, охраны труда, физической охраны, видеонаблюдения и информационной безопасности. Такое объединение позволяет не только устранить дублирование функций, но и обеспечить согласованность действий всех элементов системы на всех стадиях жизненного цикла объекта, включая проектирование, эксплуатацию и модернизацию.

Ключевым отличием ИСБ от традиционных решений является наличие единого центра обработки и анализа данных, обеспечивающего централизованное управление безопасностью объекта. Информация, поступающая от различных датчиков и систем, рассматривается не изолированно, а в контексте общей производственной ситуации, текущих режимов работы оборудования и влияния внешних факторов. Это позволяет формировать целостную картину рисков, выявлять опасные тенденции на ранних стадиях и принимать обоснованные управленческие решения в режиме реального времени, включая автоматизированное формирование и корректировку сценариев реагирования.

Концепция интегрированной системы безопасности (ИСБ) базируется на ряде фундаментальных принципов, определяющих эффективность ее функционирования и жизненный цикл системы. Одним из ключевых принципов является риск-ориентированный подход, предполагающий приоритетную защиту наиболее опасных участков и процессов на основе анализа вероятности возникновения инцидентов и тяжести их возможных последствий. Такой подход соответствует современным международным стандартам в области промышленной безопасности и управления охраной труда и обеспечивает переход от формального контроля к управлению реальными, количественно оцениваемыми рисками, что особенно важно для предприятий с непрерывным циклом производства.

Важным принципом построения ИСБ является модульность и масштабируемость системы, обеспечивающая ее адаптацию к изменениям структуры производства, модернизации оборудования и расширению предприятия. Интегрированная архитектура должна предусматривать возможность поэтапного внедрения, тестирования и развития отдельных подсистем без нарушения функционирования действующих производственных процессов. Это позволяет минимизировать технологические и организационные

риски, связанные с внедрением новых решений, а также обеспечить гибкость системы в условиях динамичного развития промышленного объекта.

Не менее значимым является принцип отказоустойчивости, предполагающий резервирование критически важных компонентов, каналов связи и вычислительных ресурсов, а также наличие механизмов автоматического восстановления работоспособности системы в аварийных режимах. Реализация данного принципа направлена на обеспечение непрерывности функций мониторинга и управления безопасностью даже при частичных отказах оборудования или программных средств, что существенно повышает общий уровень надежности ИСБ.

Информационная интеграция в составе ИСБ достигается за счет использования промышленных сетей передачи данных и стандартных протоколов обмена, обеспечивающих совместимость оборудования различных производителей и уровней автоматизации. Формирование единого информационного пространства создает условия для синхронизации действий различных подсистем безопасности и технологической автоматики, сокращает время реакции на аварийные события и повышает достоверность принимаемых управленческих решений. Кроме того, централизованный сбор и хранение данных упрощает анализ инцидентов, ведение архивов событий и формирование отчетной документации для надзорных и контролирующих органов.

Важным аспектом развития интегрированных систем безопасности является учет человеческого фактора в условиях непрерывного производства. Несмотря на высокий уровень автоматизации, персонал остается ключевым элементом системы безопасности, принимающим решения в нештатных ситуациях и осуществляющим контроль за функционированием технических средств защиты. ИСБ должна обеспечивать наглядное, структурированное и иерархически упорядоченное представление информации оператору, снижая когнитивную нагрузку и вероятность ошибочных действий. Использование единых операторских интерфейсов, механизмов приоритизации тревожных сообщений и контекстной визуализации опасных событий способствует повышению качества управленческих решений и сокращению времени реакции. Таким образом, интегрированная система безопасности выполняет не только

техническую, но и эргономическую функцию, повышая надежность системы «человек – техника – среда».

Интеграция систем безопасности позволяет существенно повысить устойчивость непрерывных производств за счет комплексного анализа технологических и защитных параметров. Совместная обработка данных промышленной автоматики и подсистем безопасности обеспечивает раннее выявление предаварийных состояний оборудования и технологических процессов. Отклонения технологических параметров, сопровождающиеся ростом температуры, давления, вибрации или концентрации опасных веществ, могут интерпретироваться как потенциальная угроза еще до перехода ситуации в аварийную фазу, что позволяет своевременно реализовать предупредительные меры без остановки производства и без нарушения установленного технологического режима.

Кроме того, ИСБ формирует основу для автоматизации сценариев реагирования на опасные события и инциденты различного уровня. В зависимости от степени угрозы система способна инициировать заранее определенные последовательности защитных действий, включая оповещение персонала, ограничение доступа в опасные зоны, изменение режимов работы оборудования и активацию аварийных алгоритмов. Такой подход позволяет минимизировать влияние человеческого фактора, снизить вероятность ошибок при принятии решений в условиях дефицита времени и повысить общую эффективность управления промышленной безопасностью.

Дополнительным направлением развития ИСБ является ориентация на полный жизненный цикл системы и оборудования, включающий этапы проектирования, внедрения, эксплуатации, модернизации и вывода из эксплуатации. На стадии проектирования интегрированная система безопасности должна учитывать потенциальные технологические и эксплуатационные риски, а в процессе эксплуатации — обеспечивать постоянный контроль состояния технических средств и каналов связи. Это позволяет своевременно выявлять деградацию элементов системы, планировать профилактическое обслуживание и повышать надежность ИСБ в долгосрочной перспективе.

Современные интегрированные системы безопасности все чаще используют аналитические и интеллектуальные методы обработки данных. Применение предиктивной аналитики и корреляционного анализа событий на основе накопленных архивных данных

позволяет выявлять скрытые закономерности и тенденции роста рисков, а также прогнозировать развитие аварийных сценариев. Такой подход обеспечивает переход от реактивного к проактивному управлению безопасностью, что имеет принципиальное значение для непрерывных производств с высокой стоимостью аварийных остановок и тяжелыми последствиями инцидентов.

Таким образом, концепция интегрированных систем безопасности является ключевым направлением развития защиты промышленных предприятий с непрерывным циклом производства в условиях роста технологической сложности и ужесточения требований к промышленной безопасности. Переход от разрозненных локальных решений к единой интегрированной архитектуре позволяет обеспечить комплексный контроль рисков, повысить надежность технологических процессов и существенно снизить вероятность тяжелых аварий, инцидентов и внеплановых простоев оборудования, оказывающих негативное влияние на экономические показатели и устойчивое развитие предприятия. В условиях цифровизации промышленности ИСБ становится неотъемлемым элементом системы управления предприятием, обеспечивая баланс между производственной эффективностью и допустимым уровнем риска. Использование цифровых технологий, интеллектуальных алгоритмов и аналитических платформ расширяет функциональные возможности систем безопасности и повышает их адаптивность к изменяющимся условиям эксплуатации. Дальнейшие исследования в данной области целесообразно направить на разработку интеллектуальных методов анализа данных, прогнозирования аварийных ситуаций и поддержки принятия управленческих решений на основе интегрированных цифровых моделей производственных объектов и процессов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ruiz J. F., Rudolph C., An integrated security and systems engineering process and modelling framework // The Computer Journal. 2015.
- 2 Martinez C. V., Vogel-Heuser B., Towards industrial intrusion prevention systems: a concept and implementation for reactive protection // Applied Sciences. 2018.
- 3 Голубев А. А., Кудрявцев В. Н. Интегрированные системы безопасности промышленных предприятий // Безопасность труда в промышленности. 2019.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ФЕНОМЕНА «SCHOOL SHOOTING» В СИСТЕМЕ ГЛОБАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ

АРЫНОВА Ш. Ж.

ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

КАЙКЕНОВ А. К.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Школьная стрельба (school shooting) – это вооруженное нападение на учебное заведение, такое как школа, колледж или университет, с применением огнестрельного оружия.

Школьные стрельбы представляют собой одну из наиболее острых и трагичных социальных проблем современности. Этот феномен включает вооружённые нападения на территории учебных заведений, которые наносят непоправимый вред не только жертвам, но и всему школьному сообществу. В последние годы частота таких инцидентов, особенно в Соединённых Штатах, вызывает широкий общественный резонанс [1, с. 59].

Данные свидетельствуют, что школьные стрельбы имеют сложные корни, связанные с социальными, психологическими и культурными факторами. В США проблема усугубляется широким доступом к оружию и сложной социальной средой, в которой многие молодые люди испытывают стресс, изоляцию или психические расстройства. Кроме того, влияние СМИ и отсутствие системных изменений в законодательстве часто усиливают риск повторения подобных событий.

Трагедия школьных стрельб не ограничивается потерями жизней: она оказывает долгосрочное воздействие на выживших, семьи, педагогов и общество в целом. Возникает эффект «эпидемии страха», когда учащиеся и учителя боятся ходить в школы, что негативно сказывается на образовательном процессе и психическом здоровье.

Цель данной статьи – предоставить обзор событий 2024 года, проанализировать текущие тенденции и рассмотреть возможные меры по уменьшению частоты и последствий школьных стрельб.

По состоянию на октябрь 2024 года в США зарегистрировано 58 инцидентов со стрельбой в школах. Это снижение по сравнению с 2023 годом, когда на тот же период приходилось 82 случая, однако проблема остаётся значительной. Эти события включают как

намеренные нападения, так и случайные выстрелы, если инцидент привёл к ранению хотя бы одного человека.

Большинство стрельб происходит в школах, охватывающих начальное и среднее образование, а также в колледжах. Среди них выделяется трагический инцидент в штате Джорджия в сентябре 2024 года, где в результате стрельбы погибло четверо: двое учителей и двое студентов. Этот случай стал одной из самых тяжёлых трагедий года, привлекая внимание всей страны к вопросам безопасности в образовательных учреждениях.

Дополнительной проблемой стали так называемые «угрозы-имитации» (soruşat threats), которые участились после крупных инцидентов. Например, после стрельбы в Джорджии в сентябре было зафиксировано множество ложных сообщений о бомбах и вооружённых нападениях, что привело к массовым эвакуациям школ по всей стране. Такие угрозы, даже если они оказываются ложными, значительно нарушают учебный процесс и усиливают стресс среди учащихся и персонала [2, с. 163].

Статистика 2024 года отражает следующие ключевые аспекты:

Из 58 зарегистрированных инцидентов, большинство произошло в городских районах, где плотность населения выше. Около 70 % стрелков оказались связаны с учебными заведениями – это либо текущие учащиеся, либо бывшие студенты. В 35 % случаев оружие, использованное для нападения, было приобретено нелегально, но в большинстве инцидентов применялось оружие, взятое из дома стрелка без разрешения взрослых. Эти данные подчёркивают важность усиления мер как по ограничению доступа к оружию, так и по профилактике насилия среди молодёжи.

Школьные стрельбы не только приводят к жертвам, но и имеют серьёзные долгосрочные последствия. Выжившие, их семьи, учителя и даже шире – всё школьное сообщество – испытывают психологические травмы. Учащиеся сообщают о повышенном уровне тревоги, а учителя – о чувстве небезопасности на рабочем месте. Многие школы вынуждены проводить регулярные тренировки по действиям в чрезвычайных ситуациях, что, по данным опросов, также усиливает стресс среди персонала и учеников [3, с. 12].

Школьные стрельбы наиболее распространены в США. В 2024 году там зарегистрировано 58 случаев, что значительно превышает показатели других стран. Причины такой ситуации связаны с широким доступом к оружию, отсутствием строгого контроля и сложной социальной обстановкой.

В Канаде за последние 20 лет зарегистрировано 19 случаев. Благодаря строгим законам об оружии большинство из них не привело к смертельным исходам. В Мексике инциденты (17 за 20 лет) часто связаны с организованной преступностью.

В Европе и Азии школьные стрельбы встречаются редко благодаря жёсткому контролю над оружием. Например, в Германии с 1913 года произошло восемь случаев, а в Японии и Южной Корее инциденты практически отсутствуют.

В Казахстане случаев школьных стрельб в 2024 году не зафиксировано. Ограниченный доступ к оружию и строгие законы помогают предотвращать такие инциденты. Важное значение имеют программы психологической помощи в школах и работа по снижению уровня насилия среди молодёжи.

Таким образом, строгий контроль над оружием, доступ к поддержке для молодёжи и предотвращение конфликтов в школах играют ключевую роль в снижении числа таких инцидентов. Казахстан показывает хороший пример минимизации риска.

Школьные стрельбы возникают по многим причинам, связанным с доступом к оружию, психическим здоровьем, семейной средой и культурным влиянием. В странах с низким уровнем контроля над оборотом оружия, таких как США, подростки часто имеют возможность получить его легально или нелегально, что повышает риск насилия в учебных заведениях. Особенно опасной ситуация становится, если у подростка есть психические проблемы, такие как депрессия, тревожность или сильное чувство изоляции.

Семейные и социальные трудности, включая насилие дома, экономические проблемы или отсутствие внимания со стороны взрослых, могут усугублять агрессивное поведение. Культура насилия, активно пропагандируемая в медиа и социальных сетях, создаёт у некоторых молодых людей ощущение, что насилие — это способ решения их внутренних конфликтов [3, с. 1538].

Интернет и социальные сети также играют значительную роль, распространяя примеры прошлых случаев. Иногда подростки вдохновляются на насилие, наблюдая за действиями других, особенно если этим инцидентам уделяется много внимания в новостях. Такой эффект усиливает цикл повторяющихся трагедий.

Недостаточное внимание к эмоциональному состоянию учащихся в школах и отсутствие системной профилактики конфликтов делают ситуацию ещё сложнее. Многие образовательные учреждения сталкиваются с нехваткой ресурсов для оказания

психологической помощи, что оставляет подростков без необходимой поддержки [4, с. 3].

Для того чтобы уменьшить количество школьных стрельб, важно принимать меры в нескольких областях. Во-первых, необходимо усилить контроль за оборотом оружия, чтобы снизить его доступность среди подростков. Это может включать более строгие законы по продаже оружия, а также улучшение контроля за его хранением в семьях [5, с. 903].

Другим важным шагом является повышение уровня психической поддержки для школьников. Важно развивать системы психологической помощи в школах, чтобы вовремя обнаруживать проблемы с психическим здоровьем у детей и подростков. Раннее вмешательство может помочь предотвратить развитие агрессивных настроений и насилия.

Кроме того, необходимо укрепить безопасность в учебных заведениях. Это включает в себя не только физическую безопасность, такую как камеры наблюдения и охрану, но и обучение учителей и учеников правильным действиям в случае угрозы [6, с. 7727].

Также важен комплексный подход, включающий воспитание в школах навыков разрешения конфликтов, управления стрессом и других социальных умений, которые помогут молодёжи справляться с эмоциями без применения насилия. Параллельно должны проводиться образовательные программы, которые помогут ученикам понять последствия насилия.

Чтобы решить проблему, важно также работать с семьями. Родители должны получать информацию и поддержку для того, чтобы лучше понимать потребности своих детей и помогать им справляться с трудностями.

Таким образом, для успешного решения проблемы школьных стрельб необходимо комплексное вовлечение всех участников процесса — от властей до образовательных учреждений и семей.

Школьные стрельбы остаются одной из самых острых социальных проблем, особенно в странах с низким контролем за оборотом оружия. В 2024 году, несмотря на некоторые позитивные изменения, проблема продолжает угрожать безопасности учащихся и педагогов. Для её решения требуется комплексный подход, включающий усиление контроля за оружием, развитие системы психологической помощи, укрепление безопасности школ и проведение образовательных программ [7, с. 167].

Международный опыт показывает, что такие меры могут значительно снизить риск насилия. Например, строгий контроль оружия и программы профилактики, реализованные в ряде европейских стран, помогли минимизировать количество инцидентов. Казахстан, благодаря ограниченному доступу к оружию и работе образовательных учреждений, демонстрирует низкий уровень подобных случаев, что подчеркивает эффективность превентивных мер [8, с. 193].

Однако одних усилий со стороны школ и органов власти недостаточно. Необходима активная вовлечённость родителей, педагогов и общества в целом. Только совместными действиями можно создать безопасную образовательную среду, где учащиеся будут чувствовать себя защищёнными и смогут получать знания без страха и тревоги.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Kalkan F., Dağlı E. The relationships between school climate, school belonging and school burnout in secondary school students International // Journal of Contemporary Educational Research. – 2022. – V. 8. – № 4. – P. 59-79 [на англ. яз.].
- 2 Weiss Ch. C., Carolan B. V., Baker-smith E. Ch. Big school, small school: (re)testing assumptions about high school size, school engagement and mathematics achievement Journal of Youth and Adolescence. – 2010. – V. 39. – № 2. – P. 163-176 [на англ. яз.].
- 3 Kupchik A., Highberger Ja., Bear G. Identifying the helpfulness of school climate: skipping school, cheating on tests, and elements of school climate Psychology in the Schools. – 2022. – V. 59. – № 8. – P. 1538-1555 [на англ. яз.].
- 4 Neumark-sztainer D., French S. A., Hannan P. J., Story M., Fulkerson Ja. A. School lunch and snacking patterns among high school students: associations with school food environment and policies // International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. – 2005. – V. 2. – № 1. – P. 1-7 [на англ. яз.].
- 5 Zacharia M. G., Yablon Ya. B. School bullying and students' sense of safety in school: the moderating role of school climate European // Journal of Psychology of Education. – 2022. V. 37. – № 3. – P. 903-919 [на англ. яз.].
- 6 Alexander B. Public school trauma intervention for school shootings: a national survey of school leaders // International Journal

of Environmental Research and Public Health. – 2021. – V. 18. – № 15. – P. 7727 [на англ. яз.].

7 Mitchell B., Frey A., Kelly M. S. Kcertification and professional preparation of school social workers, school psychologists, and school counselors // Children and Schools. 2021. – V. 43. – № 3. – P. 167-174 [на англ. яз.].

8 Kurt D. Effect of family, friends and school climate on school adjustment of middle school students Gençtanırım International // Journal of Progressive Education. – 2022. – V. 18. № 2. – P. 193-209. [на англ. яз.].

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

АРЫНОВА Ш. Ж.

ассоц. профессор, PhD, Торайгыров университет, г. Павлодар
НҰРФАЛИ Е. Е.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье представлен сравнительный анализ уровня культуры безопасности труда на предприятиях нефтехимической отрасли Республики Казахстан. Исследование основано на результатах социологического опроса работников двух нефтехимических предприятий. Рассмотрены показатели информированности персонала о требованиях охраны труда, эффективность инструктажей, обеспеченность средствами индивидуальной защиты, а также уровень вовлечённости работников в процессы предотвращения производственных рисков. Выявлены различия в подходах к формированию культуры безопасности труда и предложены направления совершенствования системы управления охраной труда.

Нефтехимическая промышленность является одной из стратегически важных отраслей экономики, обеспечивающей производство топлива, химического сырья и различных материалов, используемых в промышленности и энергетике. Вместе с тем предприятия данной отрасли характеризуются повышенной технологической сложностью и высоким уровнем производственных рисков. Использование горючих, токсичных и взрывоопасных

веществ, а также работа с высокими температурами и давлениями создают потенциальную угрозу для здоровья и жизни работников. В этих условиях особое значение приобретает формирование устойчивой культуры безопасности труда. Современные подходы к обеспечению промышленной безопасности предполагают не только соблюдение нормативных требований, но и развитие у работников осознанного безопасного поведения. Культура безопасности труда представляет собой совокупность ценностей, знаний, установок и моделей поведения работников, направленных на предотвращение аварий, травматизма и профессиональных заболеваний [2, с. 50].

Она формируется под влиянием организационных, управленческих и социальных факторов и является важным элементом системы управления охраной труда. Несмотря на значительное внимание к вопросам промышленной безопасности, уровень культуры безопасности труда на предприятиях может существенно различаться. Это связано с различиями в организации обучения персонала, корпоративной культуре, уровне контроля за соблюдением требований безопасности и степени вовлечённости работников в процессы предотвращения рисков. В связи с этим проведение сравнительного анализа уровня культуры безопасности труда на предприятиях нефтехимической отрасли является актуальной задачей, позволяющей выявить существующие проблемы и определить направления повышения эффективности системы управления безопасностью труда [1, с. 46].

Цель исследования – провести сравнительный анализ уровня культуры безопасности труда на предприятиях нефтехимической отрасли на основе результатов социологического опроса работников.

Для оценки уровня культуры безопасности труда было проведено социологическое исследование методом анкетного опроса. В исследовании приняли участие работники двух предприятий нефтехимической отрасли: ПНХЗ – 15 респондентов, ТОО «Компания Нефтехим LTD» – 33 респондента. В выборку вошли представители различных профессиональных категорий: рабочий персонал, инженерно-технические работники, специалисты служб охраны труда. Стаж работы респондентов варьировался: до 1 года, от 1 до 5 лет, от 5 до 15 лет, более 15 лет.

Таблица 1 – Сравнительный анализ показателей культуры безопасности труда на предприятиях нефтехимической отрасли

№	Показатель	ПНХЗ (%)	Компания Нефтехим LTD (%)
1	Хорошее знание правил охраны труда	87	72
2	Регулярность инструктажей	93	79
3	Обеспеченность средствами индивидуальной защиты (СИЗ)	90	84
4	Участие работников в выявлении рисков	67	48
5	Оценка эффективности обучения	81	63

Анкета включала 10 вопросов, направленных на выявление следующих показателей:

уровень информированности работников о правилах охраны труда;

эффективность проведения инструктажей;

обеспеченность средствами индивидуальной защиты;

отношение работников к соблюдению требований безопасности;

участие сотрудников в выявлении опасных ситуаций.

Полученные данные были обработаны методом сравнительного анализа.

Анализ результатов анкетирования показал, что в целом работники осознают важность соблюдения требований безопасности труда. Однако между предприятиями наблюдаются определённые различия. Большинство работников отмечает, что на предприятиях регулярно проводятся инструктажи и обучение по вопросам охраны труда. При этом степень эффективности данных мероприятий оценивается респондентами по-разному. На предприятии ПНХЗ работники чаще отмечали практическую направленность инструктажей и наличие дополнительных обучающих мероприятий. На предприятии «Нефтехим LTD» часть респондентов указала, что обучение носит более формальный характер.

Важным показателем культуры безопасности труда является обеспеченность работников средствами индивидуальной защиты. Большинство опрошенных подтвердило наличие необходимых средств защиты, однако были отмечены отдельные случаи несвоевременной замены средств защиты и недостаточного контроля за их использованием.

Также было установлено, что на предприятиях различается уровень вовлечённости работников в процессы обеспечения

безопасности. На одном из предприятий сотрудники чаще сообщают руководству о выявленных нарушениях и потенциальных рисках.

Данные таблицы показывают, что уровень культуры безопасности труда на предприятии ПНХЗ по большинству показателей выше, чем на предприятии «Нефтехим LTD». Наиболее значительное различие наблюдается по показателю участия работников в выявлении производственных рисков (67 % и 48 % соответственно). Это может свидетельствовать о более высокой степени вовлеченности персонала в процессы обеспечения безопасности труда на предприятии ПНХЗ.

Также более высокие показатели на ПНХЗ отмечаются в отношении регулярности проведения инструктажей и уровня информированности работников о правилах охраны труда. Это указывает на более эффективную систему обучения и подготовки персонала.

Несмотря на то что обеспеченность средствами индивидуальной защиты на обоих предприятиях находится на достаточно высоком уровне, показатели эффективности обучения и активного участия работников в вопросах безопасности требуют дальнейшего совершенствования.

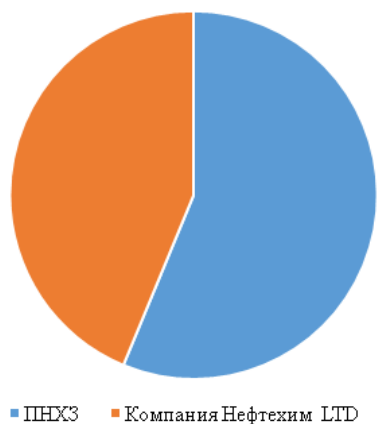


Рисунок 1 – Оценка эффективности обучения по охране труда

Это указывает на необходимость совершенствования системы обучения на втором предприятии.

Полученные результаты подтверждают, что культура безопасности труда формируется под влиянием организационных и управленческих факторов.

Важную роль играют:

- регулярность обучения персонала;
- практическая направленность инструктажей;
- уровень контроля за соблюдением требований безопасности;
- участие работников в процессе управления рисками.

Современные предприятия всё чаще внедряют международные стандарты управления безопасностью труда, такие как ISO 45001, что способствует формированию системного подхода к управлению производственными рисками.

Кроме того, значительное влияние на уровень культуры безопасности оказывает позиция руководства. Если руководство демонстрирует приоритет безопасности, работники более ответственно относятся к соблюдению правил охраны труда [3, с. 68], [4, с. 20].

На основе проведённого анализа можно предложить следующие направления совершенствования системы управления безопасностью труда:

Развитие практико-ориентированных программ обучения работников.

Проведение регулярных тренингов по действиям в аварийных ситуациях.

Усиление контроля за использованием средств индивидуальной защиты.

Создание системы поощрения работников за инициативу в области безопасности.

Внедрение цифровых технологий мониторинга производственных рисков.

Реализация данных мер позволит повысить уровень культуры безопасности труда и снизить вероятность производственных аварий.

Проведённый сравнительный анализ уровня культуры безопасности труда на предприятиях нефтехимической отрасли показал, что обеспечение безопасных условий труда является одним из ключевых факторов устойчивого функционирования производственных предприятий. Нефтехимическая промышленность относится к числу отраслей с повышенной опасностью, поскольку производственные процессы связаны с использованием горючих,

токсичных и взрывоопасных веществ, а также сложного технологического оборудования. В таких условиях особую значимость приобретает формирование устойчивой культуры безопасности труда среди работников.

Результаты проведённого социологического исследования позволили выявить уровень информированности работников о требованиях охраны труда, оценить эффективность проводимых инструктажей и обучения, а также определить степень вовлечённости персонала в процессы обеспечения безопасности. Анализ полученных данных показал, что на обоих предприятиях вопросам охраны труда уделяется значительное внимание, однако уровень культуры безопасности труда имеет определённые различия.

Сравнительный анализ показал, что на предприятии ПНХЗ по большинству показателей наблюдаются более высокие значения. В частности, работники данного предприятия демонстрируют более высокий уровень знаний правил охраны труда, положительно оценивают регулярность проведения инструктажей и эффективность обучения. Это свидетельствует о более системном подходе к организации мероприятий по обеспечению безопасности труда и подготовке персонала.

Важным показателем является обеспеченность работников средствами индивидуальной защиты. Согласно результатам исследования, на обоих предприятиях данный показатель находится на достаточно высоком уровне. Однако для повышения эффективности использования средств защиты необходимо усилить контроль за их применением и своевременной заменой.

Особое внимание следует обратить на уровень вовлечённости работников в процессы выявления производственных рисков. Данный показатель является одним из ключевых элементов формирования культуры безопасности труда. Активное участие работников в выявлении потенциально опасных ситуаций, информирование руководства о выявленных нарушениях и предложение мер по улучшению условий труда позволяют значительно снизить вероятность производственных аварий и травматизма. В ходе исследования было установлено, что уровень участия работников в вопросах безопасности на предприятиях различается, что указывает на необходимость дальнейшего развития механизмов обратной связи между персоналом и руководством.

Полученные результаты также подтверждают, что формирование культуры безопасности труда во многом зависит от

управленческой политики предприятия. Поддержка руководства, регулярное обучение персонала, проведение практических тренингов и создание благоприятной организационной среды способствуют развитию у работников ответственного отношения к вопросам безопасности.

Кроме того, важным направлением повышения культуры безопасности труда является внедрение современных методов управления рисками и использование цифровых технологий для мониторинга производственных процессов. Современные системы управления охраной труда позволяют своевременно выявлять потенциальные опасности и принимать меры по их предотвращению.

Таким образом, результаты проведённого исследования позволяют сделать вывод о том, что повышение уровня культуры безопасности труда на предприятиях нефтехимической отрасли требует комплексного подхода, включающего совершенствование системы обучения работников, развитие практико-ориентированных программ подготовки персонала, усиление контроля за соблюдением требований охраны труда и активное вовлечение работников в процессы управления производственными рисками.

Реализация данных мер будет способствовать не только снижению уровня производственного травматизма и аварийности, но и повышению эффективности деятельности предприятий нефтехимической отрасли в целом [1, с. 49], [2, с. 50].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрамов В. А. Охрана труда в нефтехимической промышленности. – Москва: Химия, 2019. – С. 45–78.
- 2 Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности. – Москва: Юрайт, 2021. – С. 30–55.
- 3 Григорьев А. В. Управление промышленной безопасностью на предприятиях. — Санкт-Петербург, 2020. – С. 60–95, 130–160.
- 4 Зотова Н. А. Культура безопасности труда на промышленных предприятиях // Безопасность труда в промышленности. – 2021. – С. 12–28.
- 5 Назаров К.Т. Промышленная безопасность и охрана труда. – Алматы, 2020. – С. 50–85.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ И УЩЕРБА ОТ ПОЖАРОВ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ ГОРОДА ПАВЛОДАРА

АРЫНОВА Ш. Ж.
PhD, ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
АМАНТАЙ М. Е.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье рассматриваются пожары в жилом частном секторе города Павлодара, проводится анализ статистики за 2020–2025 годы, а также исследуются экологические последствия, связанные с выбросом токсичных продуктов горения. Особое внимание уделено воздействию вредных веществ на здоровье человека и окружающую среду.

Пожары в жилом секторе являются одной из наиболее распространённых чрезвычайных ситуаций, оказывающих значительное влияние на безопасность населения и состояние окружающей среды. В условиях современного строительства, характеризующегося широким применением полимерных и синтетических материалов, пожары сопровождаются выделением большого количества токсичных веществ [1, с. 120, 4, с. 25].

В Павлодарской области пожары происходят как в жилых домах, так и в дачных массивах и частном секторе.

Основные причины:

- неосторожное обращение с огнём;
- неисправность электропроводки;
- нарушение правил эксплуатации отопительных приборов;
- сжигание мусора и сухой травы;
- курение в помещении.

Например, в регионе фиксируются десятки выездов пожарных только в садоводствах, а возгорания могут охватывать сотни участков одновременно [2, с. 10, 4, с. 60].

Цель исследования – анализ пожаров в жилом секторе города Павлодара и оценка их экологических последствий.

За последние 5 лет зарегистрировано 1758 выездов на пожар в частный жилой сектор, что составляет в среднем около 350 пожаров в год [2, с. 25].

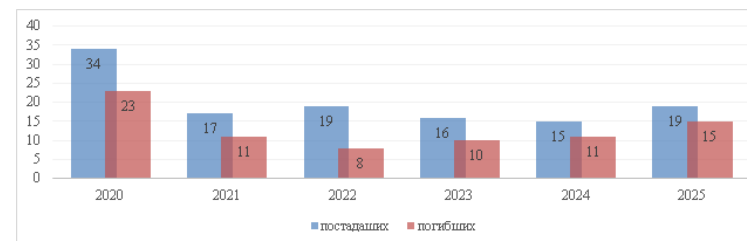


Рисунок 1 – График пострадавших и погибших на пожарах

Анализ данных показывает снижение числа пострадавших, однако в последние годы наблюдается рост смертности, что связано с высокой токсичностью продуктов горения. При пожарах в жилом секторе происходит горение различных материалов, сопровождающееся выделением опасных веществ.

Таблица 1 – Горючие материалы в жилом секторе

Строительные элементы	Бытовые предметы
деревянные конструкции (крыши, перекрытия)	мебель (ДСП, фанера)
шифер и кровельные материалы	текстиль (шторы, одежда)
утеплители	бытовая техника
лакокрасочные покрытия	пластиковые окна (ПВХ)
	линолеум и синтетические покрытия

Каждый из этих материалов при горении выделяет опасные химические соединения.

При горении различных материалов образуются токсичные вещества [5, с. 80, 6, с. 50].

Таблица 2 – Вещества, выделяемые при горении материалов

Основные продукты горения	При горении мебели и древесины	При горении пластика (ПВХ, синтетика)
угарный газ (CO)	бензол	диоксины
углекислый газ (CO ₂)	толуол	фураны
оксиды азота (NO _x)	фенолы	хлороводород (HCl)
диоксид серы (SO ₂)	сажа (твердые частицы PM)	формальдегид

Особенно опасны диоксины – это одни из самых токсичных веществ, способных накапливаться в организме и вызывать онкологические заболевания.

Экологическое воздействие

При пожарах образуется плотный дым, содержащий мелкодисперсные частицы (PM2.5 и PM10), которые, проникают в лёгкие, ухудшают качество воздуха и повышают риск заболеваний дыхательной системы.

После пожара токсичные вещества:

- оседают на поверхности земли;
- смешиваются с золой;
- при выпадении осадков проникают в почву.

Особенно опасен весенний период: при таянии снега загрязнённые частицы попадают в грунт. Вещества с поверхности смываются дождями, попадают в ливневую канализацию что может привести к загрязнению водных ресурсов. Это приводит к ухудшению качества питьевой воды и накоплению токсинов в экосистемах [3, с. 120, 6, с. 100].

Для населения продукты горения могут вызывать отравления угарным газом, головокружение, потерю сознания, вызвать хронические заболевания легких. Так же этот риск негативно влияет на пожарных. Пожарные подвергаются наиболее сильному воздействию при тушении пожаров в частном жилом секторе вдыхая токсичные газы, контактируя с канцерогенами.

Даже при использовании средств защиты полностью исключить воздействие вредных веществ невозможно.

Город Павлодар расположен в степной зоне с равнинным рельефом и ветровыми нагрузками, что способствует быстрому распространению огня, переносу дыма на большие расстояния и накоплению загрязнений в приземном слое воздуха. Продукты горения загрязняют атмосферу, а затем оседают на поверхности земли. В зимний период они накапливаются в снежном покрове, а при его таянии проникают в почву и водные объекты, что приводит к длительному экологическому ущербу.

Таким образом, пожары в жилом секторе представляют не только пожарную, но и экологическую опасность. Необходимы меры по профилактике пожаров, снижению использования токсичных материалов и повышению уровня безопасности населения.

Для уменьшения числа пожаров и их последствий необходимо:

- контроль состояния электропроводки;
- соблюдение правил эксплуатации печей;
- запрет сжигания мусора;
- установка пожарных извещателей;

- установка баков для сбора золы для домов с печным отоплением;

- повышение экологической грамотности населения [1, с. 300, 3, с. 20].

ЛИТЕРАТУРА

1 Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Юрайт, 2021. – 680 с.

2 Официальный сайт статистики Комитета по чрезвычайным ситуациям МЧС Республики Казахстан, за 2020–2025 гг. – Павлодар, 2025. – 14 с.

3 ISO 14001:2015 Environmental Management Systems – Requirements with guidance for use. – Geneva: ISO, 2015. – 38 p.

4 Кузьмин А. В. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: Академия, 2021. – 320 с.

5 Чура Н. Н. Токсикология продуктов горения. – М.: Академия, 2018. – 256 с.

6 Пашков В. А. Экологические последствия пожаров и их влияние на окружающую среду. – СПб.: Лань, 2022. – 280 с.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ТРАВМАТИЗМА ПРИ РАБОТАХ В ОГРАНИЧЕННЫХ ЗАМКНУТЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

АХМЕТОВ К. И.

PhD, ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

ОЛЖАБАЕВ А. С.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Производственный травматизм – это совокупность инцидентов, включающих физические повреждения и несчастные случаи, происходящие в ходе исполнения трудовых обязанностей, что служит индикатором состояния охраны труда на производстве. Происшествия варьируются от легких повреждений до более серьезных и смертельных случаев, влияющих на здоровье и безопасность работников. Производственный травматизм включает не только травмы, полученные в процессе выполнения трудовых обязанностей, но и события, произошедшие на территории предприятия, включая перерывы и даже дорожно-транспортные происшествия, связанные с работой [3, с. 89].

Производственный травматизм - это не только проблема самого рабочего места, но и важная социальная и экономическая проблема для общества в целом. Рассматривая этот вопрос, я осознаю, как серьезно этот аспект влияет на жизнь людей, их здоровье и благополучие. Недавние исследования показывают, что травматизм на производстве остается на высоком уровне [6, с. 96].

Важно понимать, что травматизм на производстве оказывает воздействие на экономику: каждая травма, особенно серьезная, связана с прямыми и косвенными затратами. Это потеря рабочих дней, затраты на лечение и реабилитацию, снижение производительности труда [2, с. 55].



Рисунок 1 – Причины травм при работе в ограниченных замкнутых пространствах

Анализ причин травм при работе в ограниченных замкнутых пространствах демонстрирует следующие данные:

Загазованность и дефицит кислорода (45 %). Это наиболее частая и наиболее опасная причина несчастных случаев. В ОЗП возможно накопление токсичных, удушающих или инертных газов, снижение концентрации кислорода до критического уровня. Это приводит к тяжелым последствиям, включая потерю сознания и летальный исход. Основными факторами являются отсутствие предварительного газового анализа, недостаточная вентиляция и игнорирование требований наряда-допуска.

Взрывы и пожары (20 %). Второе место по частоте занимают инциденты, связанные с воспламенением или детонацией газов и паров. Проведение огневых работ без должной подготовки, использование неисправного оборудования и отсутствие контроля

концентрации горючих веществ существенно повышают риск аварий. Такие происшествия, как правило, сопровождаются тяжелыми травмами и значительным материальным ущербом.

Поражение электрическим током (15 %). Работы в ОЗП часто выполняются в условиях повышенной влажности и ограниченного пространства, что увеличивает вероятность контакта с токоведущими частями. Опасность представляет использование временного освещения и переносного электроинструмента. Несоблюдение требований электробезопасности приводит к электротравмам различной степени тяжести.

Механические травмы и обрушения (10 %). К данной категории относятся падения внутри резервуаров, травмы от движущихся механизмов, защемления и обрушения грунта или конструкций. Ограниченность пространства затрудняет свободное перемещение работников и увеличивает риск получения ушибов, переломов и других повреждений.

Организационные факторы (10 %). Немаловажную роль играют недостаточная подготовка персонала, отсутствие наблюдающего, формальный инструктаж и несоблюдение регламентов. Человеческий фактор нередко становится пусковым механизмом происшествия либо усугубляет его последствия [7. (финансовые, правительственные источники)].

Таким образом, для снижения числа травм при работе в ограниченных замкнутых пространствах необходимо уделить внимание не только защите от загазованности и дефиците кислорода, но и другим потенциальным рискам, таким как взрывы и пожары, и угрозы электрического тока. Обеспечение надежных средств защиты и внимательное соблюдение техники безопасности играют ключевую роль в предотвращении травм [1, с. 42].

Производственный травматизм при выполнении работ в ограниченных замкнутых пространствах представляет собой серьезную проблему, которая требует комплексного и системного подхода к профилактике. Даже при наличии современных технологий и развитой нормативной базы, основными факторами риска остаются человеческие ошибки, недостаточная организация процессов и игнорирование правил безопасности [4, с. 62].

Для эффективного снижения числа несчастных случаев необходимо реализовывать целый комплекс мероприятий, включающий:

- регулярное обучение персонала и проведение инструктажей;

- использование современных средств индивидуальной и коллективной защиты;
- контроль исправности оборудования и состояния рабочих мест;

- формирование культуры безопасного труда, при которой каждый сотрудник осознает свою личную ответственность [5, с. 23].

Также важно проводить детальный анализ всех происшествий, чтобы своевременно выявлять и устранять слабые места в системе охраны труда. Такой подход позволит не только уменьшить количество травм, но и повысить общий уровень безопасности и надежности производственных процессов [8, с. 31].

В перспективе это оказывает положительное влияние не только на здоровье и жизнь работников, но и на эффективность работы предприятия и стабильность экономики в целом. Безопасность в ограниченных замкнутых пространствах должна рассматриваться как приоритетная задача, направленная на сохранение человеческого потенциала и устойчивое развитие производства.

Кроме того, важным направлением повышения безопасности при работах в ограниченных замкнутых пространствах является внедрение современных систем мониторинга и контроля состояния среды. Использование газоанализаторов, датчиков кислорода, автоматических сигнализаций и систем дистанционного наблюдения позволяет своевременно выявлять опасные изменения в рабочей зоне и оперативно реагировать на потенциальные угрозы. Такие технические решения значительно снижают вероятность возникновения аварийных ситуаций и помогают обеспечить постоянный контроль условий труда.

Особое внимание необходимо уделять подготовке работников к действиям в чрезвычайных ситуациях. Проведение регулярных тренировок и практических занятий по эвакуации, оказанию первой помощи и взаимодействию с аварийно-спасательными службами формирует у персонала устойчивые навыки безопасного поведения. В условиях ограниченного пространства, где время реакции играет решающую роль, такие навыки могут спасти жизнь и предотвратить тяжелые последствия.

Немаловажным фактором является правильная организация допуска к работам в замкнутых пространствах. Перед началом работ должны проводиться обязательные проверки атмосферы, оформляться наряд-допуск, назначаться ответственные лица и обеспечиваться постоянная связь между работниками внутри

пространства и наблюдающим снаружи. Четкое соблюдение этих процедур позволяет минимизировать вероятность возникновения опасных ситуаций и обеспечивает контроль выполнения всех требований безопасности.

Также следует учитывать психологические и физиологические особенности работников, выполняющих подобные работы. Ограниченное пространство, повышенная температура, недостаточная вентиляция и стрессовые условия могут оказывать значительное влияние на состояние человека. Поэтому важно соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха, обеспечивать достаточную вентиляцию и контролировать состояние здоровья работников.

Комплексное применение организационных, технических и обучающих мероприятий позволяет создать эффективную систему предупреждения производственного травматизма. Только при условии постоянного совершенствования системы охраны труда, активного участия руководства и ответственности каждого работника можно добиться устойчивого снижения уровня травматизма и обеспечить безопасные условия труда при выполнении работ в ограниченных замкнутых пространствах.

ЛИТЕРАТУРА

1 Министерство труда и социальной защиты населения Республики Казахстан. «Правила по обеспечению безопасности и охраны труда при работе в ОЗП» - Приказ Министра труда и социальной защиты населения РК от 31 марта 2022 года № 109. - 42 с.

2 Закон Республики Казахстан «О безопасности и охране труда» от 28 февраля 2004 года № 528. - 55 с.

3 Агентство по статистике Республики Казахстан. Публикация «О травматизме, связанном с трудовой деятельностью, и профессиональных заболеваний» за 2023 год - 89 с.

4 Агентство по статистике Республики Казахстан. «О травматизме, связанном с трудовой деятельностью» за 2024 год. - 62 с.

5 Минтруда: Минтруда и социальной защиты населения РК. Отчёт «Производственный травматизм в Казахстане за первый квартал / полугодие 2025 года: результаты и вызовы». - 23 с.

6 Инструкция по безопасности и охране труда при работах в ОЗП и верхолазных работах - локальный нормативный документ/

образец инструкции, опубликованный на портале «Охрана труда Казахстана. - 96 с.

7 Аналитические статьи СМИ - «Производственный травматизм в Казахстане снижен на 16,6 %: результаты и вызовы» (финансовые, правительственные источники)

8 Профессиональный стандарт «Безопасность и охрана труда» - Приказ Министра труда и социальной защиты населения Казахстана от 25 декабря 2024 года № 490 - 31 с.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ В МУЛЬТИСЕНСОРНЫХ СИСТЕМАХ ПОЖАРООБНАРУЖЕНИЯ

АХМЕТОВ К. И.

PhD, Торайгыров университет, г. Павлодар

БАКЕНОВ Т. С.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Актуальность темы обусловлена тем, что системы охранно-пожарной сигнализации (ОПС) являются критически важным элементом безопасности любого объекта. Однако, несмотря на технический прогресс, проблема «ложных тревог» остается нерешенной. Традиционные датчики реагируют на превышение определенного порога (например, плотности дыма или температуры), но не способны отличить реальный очаг возгорания от бытовых помех: пыли, пара, курения или работы промышленного оборудования.

Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) открывает новые возможности для оптимизации ОПС, превращая систему из «реагирующей» в «анализирующую» [1].

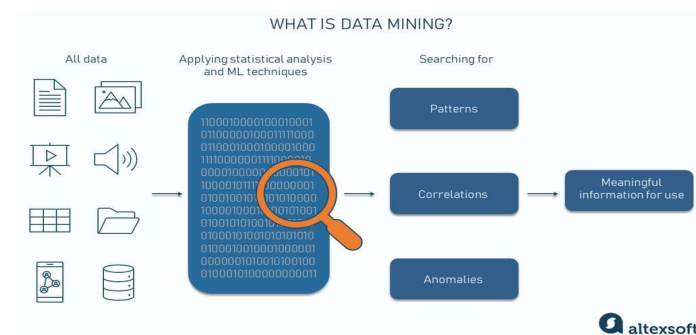


Рисунок 1 – Иллюстративное определение интеллектуального анализа данных

Основная проблема классических систем пожарообнаружения заключается в их жесткой привязке к пороговым значениям и реактивном характере работы. В традиционной архитектуре каждый датчик представляет собой изолированное устройство, которое лишь сравнивает текущий уровень физического фактора, будь то задымленность или температура, с заранее установленной критической отметкой. Такая бинарная логика принятия решений неизбежно порождает конфликт между скоростью обнаружения угрозы и точностью срабатывания. Если установить порог слишком низко в попытке поймать пожар на стадии тления, система начнет реагировать на любые естественные колебания среды, принимая их за опасность.

Отсутствие механизмов селекции факторов приводит к тому, что классический датчик оказывается фактически «слепым» к природе источника воздействия. Для стандартного оптоэлектронного извещателя не существует качественной разницы между частицами дыма, образующимися при горении, и частицами пара, мелкодисперсной пыли или аэрозоля. Процесс рассеивания света, на котором основана работа таких устройств, происходит идентично в обоих случаях. В результате на объектах с повышенной влажностью или запыленностью классические системы становятся источником постоянных ложных тревог, что со временем заставляет персонал игнорировать сигналы опасности или вовсе отключать сегменты защиты.

Еще одним критическим недостатком является игнорирование динамики развития ситуации. Классическая система не анализирует

предысторию события и скорость изменения параметров. Она не способна отличить плавный, естественный нагрев помещения от солнца или отопительных приборов от стремительного роста температуры при возгорании, если оба этих процесса в итоге пересекают установленную пороговую черту. Эта инерционность мышления системы приводит к тому, что сигнал тревоги часто поступает слишком поздно, когда пожар уже перешел в открытую стадию и нанес непоправимый ущерб.

Проблема физического износа и загрязнения также накладывает серьезный отпечаток на надежность. В простых системах отсутствует глубокая интеллектуальная самодиагностика, способная компенсировать так называемый дрейф «нуля». Пыль, постепенно скапливающаяся в дымовой камере, меняет базовый уровень сигнала, из-за чего датчик со временем либо становится гиперчувствительным, либо теряет способность адекватно реагировать на реальный дым. В условиях отсутствия алгоритмов адаптации это требует частого ручного обслуживания и увеличивает риск отказа системы в критический момент.

Наконец, классические системы страдают от информационной разобщенности. Каждый извещатель принимает решение автономно, не учитывая состояние соседних зон или показания датчиков другого типа в том же помещении. Это лишает систему возможности увидеть общую картину происходящего. Настоящий пожар — это всегда комплексное изменение среды, затрагивающее сразу несколько физических величин в определенной последовательности. Традиционная архитектура, не обладающая средствами интеграции и перекрестного анализа данных, не может верифицировать угрозу через сопоставление разных признаков, что делает ее крайне уязвимой перед лицом сложных помех и случайных факторов. Таким образом, технологический потолок классических систем не позволяет им обеспечивать современный уровень безопасности, требующий интеллектуального прогнозирования и высокой достоверности.

Мультисенсорный подход представляет собой качественный скачок в развитии технологий безопасности, заменяя простую регистрацию отдельного фактора комплексным анализом состояния защищаемой среды. В основе этой логики лежит принцип синергии, когда информация от нескольких чувствительных элементов, таких как оптические камеры дыма, термисторы и электрохимические ячейки для обнаружения угарного газа, объединяется в единый

массив данных. В отличие от классических систем, где каждый датчик работает в изоляции, мультисенсорная архитектура анализирует корреляцию между различными физическими процессами [2]. Это позволяет системе выявлять «почерк» реального возгорания, который всегда характеризуется одновременным изменением нескольких параметров в определенной пропорции.

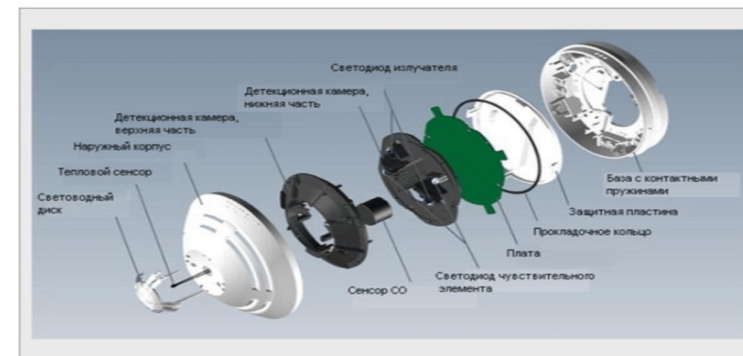


Рисунок 2 – Мультисенсорный извещатель

Логика объединения данных в таких системах строится на нескольких уровнях обработки. На начальном этапе происходит совмещение первичных сигналов, что позволяет отсеять случайные шумы и помехи, характерные для каждого отдельного канала связи. Затем система переходит к выделению признаков, анализируя не только абсолютные значения, но и градиенты их изменения. Например, если резкий рост температуры сопровождается даже незначительным увеличением концентрации монооксида углерода, система идентифицирует это как начало тления кабельной продукции, даже если дымовой канал еще не зафиксировал плотного задымления. Такая перекрестная проверка данных позволяет существенно сократить время обнаружения угрозы, не жертвуя при этом стабильностью работы системы.

Особое значение мультисенсорная логика имеет в решении проблемы дискриминации ложных воздействий. Большинство бытовых и производственных помех воздействуют преимущественно на один тип чувствительного элемента. Так, строительная пыль или водяной пар вызывают рассеивание света в оптической камере, имитируя дым, однако они не сопровождаются выделением угарного газа или выделением тепла. Мультисенсорный алгоритм, видя

аномалию только в одном канале при стабильности остальных, классифицирует событие как помеху и предотвращает ложное срабатывание. Это превращает систему из пассивного регистратора в интеллектуальный фильтр, способный адаптироваться к фоновым условиям конкретного объекта.

Интеллектуальная обработка объединенных данных позволяет реализовать концепцию динамических порогов. Вместо статических значений система использует гибкие математические модели, которые подстраиваются под текущую ситуацию. В условиях нормальной эксплуатации чувствительность может быть умеренной, но при обнаружении первых признаков отклонения параметров алгоритм автоматически повышает бдительность всей сети, снижая барьеры принятия решения для подтверждающих факторов. Это позволяет достичь ранее невозможного баланса: система остается максимально устойчивой к повседневным шумам, но становится предельно чувствительной в моменты возникновения реальной опасности.

Завершающим этапом логики объединения является формирование итогового вывода на основе весовых коэффициентов или аппарата нечеткой логики. В этом случае система оперирует не двоичными состояниями, а вероятностными оценками. Каждому сценарию развития событий присваивается определенный уровень достоверности. Такой подход позволяет реализовать многоступенчатое оповещение, когда при низком уровне уверенности система лишь информирует оператора о необходимости проверки зоны, а при достижении высокого вероятностного порога активирует автоматические средства тушения. Таким образом, мультисенсорный подход формирует надежную информационную базу для оптимизации всех процессов обеспечения безопасности, делая систему более прозрачной, предсказуемой и эффективной в условиях реальных угроз.

Дальнейшее развитие концепции интеллектуального анализа в мультисенсорных системах неизбежно смещает фокус с простой фиксации сигналов на глубокое извлечение признаков и их семантическую интерпретацию. В рамках этого процесса центральное место занимает переход от временного анализа к частотному и спектральному исследованию параметров среды. Применение математических преобразований, таких как быстрое преобразование Фурье или вейвлет-анализ, позволяет выделить в «шумном» сигнале специфические гармоники, характерные

исключительно для процессов горения. Например, мерцание пламени или турбулентные потоки нагретого воздуха генерируют низкочастотные пульсации, которые невозможно имитировать бытовыми нагревателями или стабильным солнечным светом. Таким образом, Data Mining превращает массив хаотичных данных в структурированную цифровую подпись события, которую система может мгновенно сопоставить с эталонными моделями пожаров различных классов.

Особую роль в повышении достоверности играет внедрение аппарата искусственных нейронных сетей, способных решать задачи нелинейной классификации в условиях неопределенности. В отличие от жестких алгоритмов, нейросетевые модели обучаются на огромных массивах экспериментальных данных, включающих тысячи сценариев: от различных типов возгораний до специфических помех, характерных для конкретных производств. Это позволяет реализовать механизм контекстного анализа, при котором система «понимает» специфику объекта. В условиях деревообрабатывающего цеха алгоритм будет настроен на игнорирование мелкодисперсной древесной пыли, но проявит предельную чувствительность к малейшим следам пиролиза, тогда как в офисном центре приоритеты будут смещены в сторону распознавания продуктов горения полимеров и изоляции.

Интеллектуализация ОПС также открывает путь к реализации прогностических моделей безопасности. Вместо того чтобы реагировать на уже начавшийся пожар, алгоритмы интеллектуального анализа данных способны выявлять аномальные тренды, которые предшествуют критическому событию. Анализируя корреляцию между микроскопическими изменениями температуры и химического состава воздуха, система может идентифицировать деградацию электрических соединений или перегрев оборудования еще до того, как начнется видимое выделение дыма. Такой подход переводит систему безопасности из категории «реагирующего оборудования» в категорию «Системы предотвращения рисков», что фундаментально меняет стратегию защиты объектов.

Завершающим этапом интеграции интеллектуального анализа становится формирование распределенного интеллекта, где каждый мультисенсорный узел выступает как самостоятельный вычислительный агент. Использование методов Edge Computing (туманных вычислений) позволяет проводить первичный Data Mining непосредственно в месте возникновения события, что

критически снижает нагрузку на линии связи и исключает задержки, связанные с передачей больших объемов данных на центральный сервер. В такой архитектуре система приобретает свойство живучести и адаптивности: извещатели способны обмениваться информацией о состоянии смежных зон, верифицируя угрозу через коллективное подтверждение. В итоге синергия мультисенсорного подхода и глубокого анализа данных создает технологическую базу для построения систем пожарной автоматики нового поколения, где вероятность ложного срабатывания стремится к нулю, а скорость обнаружения реальной угрозы ограничена лишь физическими законами распространения материи.

Дальнейшее развитие интеллектуальных мультисенсорных систем пожаробнаружения тесно связано с качеством и структурой исходных данных. Эффективность интеллектуального анализа напрямую зависит от полноты и достоверности информации, поступающей от сенсорных узлов. В реальных условиях эксплуатации данные формируются в виде непрерывных временных рядов, насыщенных шумами и искажениями, поэтому предварительная обработка и адаптивная фильтрация становятся неотъемлемой частью архитектуры интеллектуальной ОПС.

Каждый объект обладает уникальными условиями функционирования, формирующими индивидуальный фоновый профиль среды. Интеллектуальный анализ данных позволяет системе обучаться нормальному состоянию конкретного помещения и оценивать отклонения не по фиксированным порогам, а по степени их аномальности. Такой подход повышает чувствительность к реальным угрозам и одновременно снижает вероятность ложных срабатываний в условиях нестабильной среды.

С ростом числа датчиков возрастает и объем обрабатываемой информации, что требует перехода к распределенным методам анализа. Кластеризация сенсорных узлов и выявление пространственно-временных закономерностей позволяют не только подтвердить факт возгорания, но и оценить потенциальную динамику его распространения. Это существенно повышает эффективность управления эвакуацией и средствами автоматического пожаротушения.

Интеграция интеллектуального пожаробнаружения с системами управления зданием расширяет возможности контекстного анализа. Учет режимов работы оборудования и временных факторов позволяет интерпретировать события с учетом

эксплуатационной логики объекта, приближая алгоритмы принятия решений к уровню экспертной оценки.

Важным преимуществом интеллектуальных мультисенсорных систем является способность к самообучению. Каждое подтвержденное событие используется для уточнения моделей, что обеспечивает рост надежности системы на протяжении всего жизненного цикла. В результате интеллектуальный анализ данных формирует новую парадигму пожарной безопасности, в которой система становится адаптивным аналитическим комплексом, ориентированным на раннее выявление и предотвращение рисков.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Мальцев С. В. Мультисенсорные системы пожаробнаружения и методы снижения ложных срабатываний // Системы безопасности. 2021.
- 2 Toreyin B. U., Dedeoglu Y., Cetin A. E. Multisensor Fire Detection Using Data Fusion Techniques // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2019.
- 3 Bukowski R. W., Averill J. D. Intelligent Fire Detection Systems: Performance and Applications // Fire Technology. 2018.

MACHINE LEARNING-BASED ATTACK DETECTION IN IIOT TRANSPORTATION SYSTEMS USING THE CICIOV2024 DATASET

YESSENALIYEV O. A.
master's student, Eurasian National University, c. Astana

Abstract. This study examines the effectiveness of machine learning methods for attack detection in vehicle IIoT networks. The CICIOV2024 dataset, one of the most realistic datasets for CAN bus security research, was chosen as the dataset. Four supervised models were optimized and evaluated: logistic regression, random forest, XGBoost, and multilayer perceptron (MLP). The results demonstrate a significant gap between linear and nonlinear models: logistic regression struggles with complex patterns and achieved an accuracy of approximately 0.721, while Random Forest, XGBoost, and MLP algorithms achieved a perfect accuracy of 1.0. These results are explained by a combination of the capabilities of the models and the characteristics of the dataset. The study also

outlined future work, such as increasing the complexity of the dataset and exploring hybrid machine learning models for attack detection.

Introduction. The Industrial Internet of Things (IIoT) has transformed the modern automotive industry with sensors and control systems, enabling real-time data exchange between vehicles. By integrating in-vehicle networks such as the Controller Area Network (CAN), IIoT allows vehicles to interact with cloud platforms. However, such interconnections create significant cybersecurity vulnerabilities. Attackers can exploit communication protocols to inject false data, manipulate signals, or disrupt vehicle operation [1, vol. 20]. Various high-profile incidents over the past decade have demonstrated that automotive systems are not immune to cyberthreats. However, a wide range of Machine Learning (ML) and Deep Learning (DL) methods are now used to identify anomalous patterns in vehicle data. These methods have demonstrated good results in detecting complex attack types and are also capable of adapting to complex datasets [2, p. 3800].

However, a good method alone is not enough to achieve good results. Many existing studies are limited by small or outdated datasets, making it difficult to evaluate specific intrusion detection models. Therefore, the release of the dataset provides researchers with a new opportunity to evaluate the capabilities of machine learning in the more complex context of the Industrial Internet of Things (IIoT) [3]. The objective of this study is to evaluate machine learning models for intrusion detection in IoT transportation systems using the CIIoV2024 dataset. This study compares four supervised learning algorithms in terms of classification accuracy, robustness, and interpretability. The results aim to highlight the strengths and limitations of each approach and provide insights for the design of secure IIoT-based vehicle architectures.

Literature Review. The CIIoV2024 dataset was introduced by Neto et al. (2024) to simulate communication over the CAN bus and include a wide variety of attack types, such as denial of service (DoS), spoofing, and message injection. It has quickly become a benchmark for testing machine learning algorithms in the IoV context. Subsequent studies have applied this dataset to evaluate the performance of different models and optimization techniques [3].

The article addresses the problem of detecting cyberattacks in the Internet of Vehicles (IoV) by focusing on vulnerabilities in the CAN bus and evaluating machine learning techniques for intrusion detection. The authors utilize the CIIoV2024 dataset, eight machine learning algorithms (LR, RF, SVM, GB, NB, KNN, AdaBoost, and Extra Trees)

are evaluated across three data representations: binary, decimal, and hexadecimal. The binary representation yields the highest performance, with several models achieving 100% accuracy. Extra Trees and Random Forest consistently outperform the other methods. Overall, the study demonstrates that nonlinear ML models combined with well-prepared data can effectively detect cyber threats in IoV systems [4, p. 1053].

Arafah et al. (2025) presented a systematic ML framework for building IDSs in the IoV environment based on CIIoV2024 dataset. The authors examined the performance of seven algorithms – from GaussianNB and LDA to ensemble methods (Gradient Boosting, Extra Trees) and MLP – in binary, categorical, and multiclass classification. The results showed that ensemble and neural network models achieve near-perfect metrics (precision/recall/F1 = 1.0), significantly outperforming traditional approaches, especially in distinguishing specific spoofing attacks. The work also highlights class imbalance issues and proposes a hybrid approach (undersampling and oversampling), making the study a valuable contribution to the development of robust IDSs for real-world IoV systems [5, p. 1-6].

Aburub et al. (2025) proposed an autoencoder-based IDS for CAN networks trained exclusively on benign traffic, which preserves real-world statistics of normal messages and improves detection accuracy. Using the CIIoV2024 dataset, the model demonstrated high performance in detecting DoS and spoofing attacks. The proposed approach outperformed baseline DNN and unsupervised methods while remaining easy enough to implement in automotive embedded systems [6, p. 179-183].

Janbi (2025) conducted a comprehensive evaluation of 25 classical ML models on the CIIoV2024 dataset, analyzing their accuracy, balanced accuracy, F1-score, and computational efficiency. The study showed that decision trees and ensemble methods demonstrate the most robust results when working with imbalanced CAN traffic data, while simple linear and probabilistic models degrade in performance as the classes become more complex. The study provides useful recommendations for selecting optimal IDS algorithms for real-world IoV scenarios and highlights the need for more in-depth research on CIIoV2024 [7, p. 272].

Existing research on IoV and IIoT vehicle security highlights the vulnerability of in-vehicle communication, especially the CAN bus, to spoofing, message injection, DoS, and other forms of manipulation. Studies using the CIIoV2024 dataset demonstrate high accuracy for

nonlinear ML models such as Random Forest, Extra Trees, XGBoost, Gradient Boosting, and MLP. These models achieve near-perfect detection metrics, especially when the data is well-preprocessed and represented in binary or categorical formats. Additionally, only a few studies include linear baselines such as Logistic Regression, and very few examine feature importance, interpretability, or dimensionality patterns that contribute to such high accuracy. Existing research also acknowledges issues such as dataset uniformity and lack of realistic noise or complex attack variations, which limit real-world generalization.

Research Gap. Despite strong progress in ML-based IoV intrusion detection, several gaps remain:

Lack of direct comparison between linear and nonlinear models on CICIoV2024 under

a unified training and evaluation pipeline.

Insufficient analysis explaining the causes of near-perfect accuracy, including feature

level patterns, dataset structure, and model behavior.

Limited interpretability studies, such as feature importance or PCA-based visualization,

which are essential for understanding model decisions in safety-critical domains.

This study addresses these gaps by evaluating four diverse ML algorithms: Logistic Regression, Random Forest, XGBoost, and MLP, using a standardized pipeline and by analyzing ROC/PR curves, confusion matrices, feature importance, and PCA projections. The findings provide new insight into why nonlinear models separate benign and malicious CAN traffic and establish a foundation for future work on increasing dataset complexity and developing hybrid anomaly detection models.

Methods 1. Dataset Overview. This study uses the CICIoV2024 dataset, manufactured by CIC (Canadian Institute of Cyber Security). The dataset contains five different kinds of attacks that were executed on the inner structure, including the ECUs of a 2019 model Ford car. The dataset has over 1.4 million CAN messages, each represented by eight payload bytes (DATA_0 – DATA_7) and a label indicating whether the message is BENIGN or ATTACK. Approximately 13% of the samples correspond to attacks, which mirrors real-world conditions where malicious traffic is relatively rare but critical to detect [8].

2 Preprocessing and Feature preparation. The preprocessing pipeline was kept simple to preserve the natural characteristics of the data.

The ID field was removed since it does not directly contribute to the payload content.

Labels were converted into binary form: 0 = BENIGN, 1 = ATTACK.

A check for missing values confirmed that none were present.

The dataset was split into training and testing subsets using an 80/20 stratified split, ensuring that the proportion of attack and benign samples remained consistent across both sets.

3. Machine Learning Models. Four machine learning algorithms were evaluated in this work: 1. Logistic Regression – a baseline linear classifier; 2. XGBoost – gradient boosting optimized for tabular data; 3. Random Forest – an ensemble of decision trees; 4. Multi-Layer Perceptron (MLP) – a simple neural network classifier. To ensure fairness and consistency across experiments, all models were trained and evaluated using a unified pipeline.

StandardScaler was applied for Logistic Regression and MLP, as both are sensitive to feature scaling. Tree-based models (Random Forest and XGBoost) do not require feature scaling. Hyperparameter Optimization. For the non-linear models (Random Forest, XGBoost, and MLP), hyperparameters were tuned using RandomizedSearchCV with a three-fold StratifiedKFold cross-validation. This procedure helped identify optimal values for tree depth, learning rates, hidden layer sizes, and other key parameters.

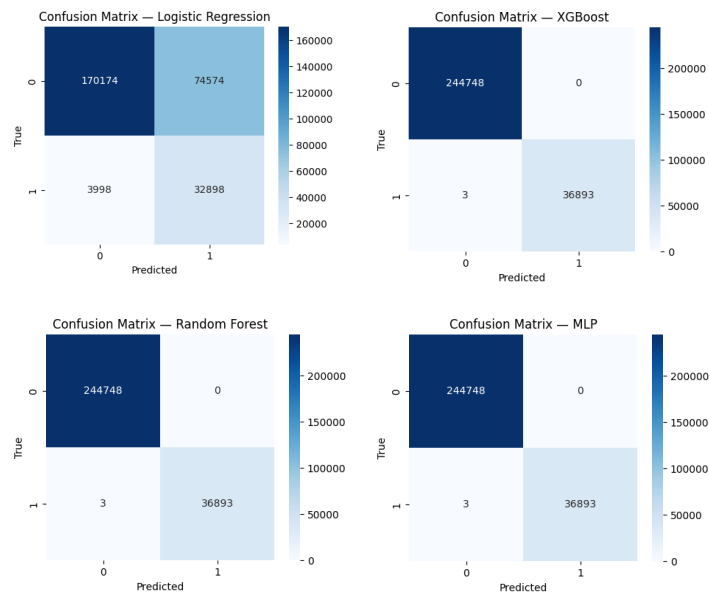
4. Evaluation Strategy. The models were evaluated using two categories of performance metrics: 1) Standard classification metrics: Accuracy, Precision, Recall, F1-score; 2) IDS-specific metrics: ROC-AUC, PR-AUC. These metrics are particularly important for intrusion detection. ROC-AUC measures how well the model separates benign and attack samples, while PR-AUC provides a more realistic picture under class imbalance, where attack events are relatively infrequent.

Result & Discussion. All experiments were conducted using the test split consisting of 281,644 CAN messages.

Table 1 – Performance of ML models on CICIoV2024

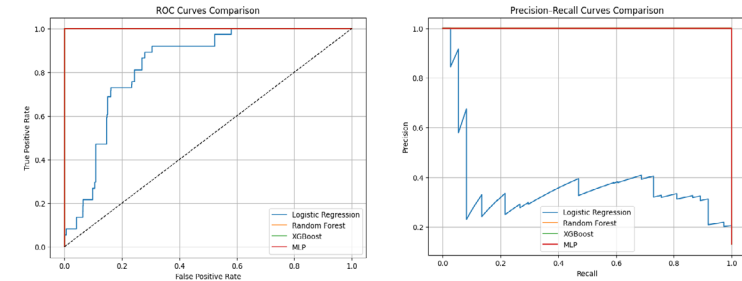
№	Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	ROC-AUC	PR-AUC
1	Logistic Regression	0.721	0.306	0.892	0.456	0.833	0.364
2	Random Forest	1.000	1.000	0.9999	1.000	1.000	1.000
3	XGBoost	1.000	1.000	0.9999	1.000	1.000	1.000
4	MLP	1.000	1.000	0.9999	1.000	1.000	1.000

Logistic Regression performed significantly worse than the other models, achieving only 72% accuracy and low precision due to many false positives. In contrast, Random Forest, XGBoost, and MLP achieved near-perfect performance, with all major metrics extremely close to 1.0. The confusion matrices provide important insights into how each model handles attack and benign traffic. Logistic Regression produces a large number of false positives (74,574), indicating that benign messages are frequently misclassified as attacks. In contrast, Random Forest, XGBoost, and MLP each misclassified only 3 attack samples while producing zero false positives.



Picture 1 – The Confusion matrixes of models

This extremely low false-negative rate is particularly desirable in intrusion detection, as missing an actual attack is significantly more dangerous than incorrectly flagging benign traffic.



Picture 2 – ROC and Precision–Recall Curves

The ROC curves for the non-linear models nearly reach the ideal point (TPR = 1, FPR = 0). This means the models maintain extremely high true positive rates while keeping false positives close to zero across all thresholds. LR shows a noticeably weaker ROC curve, with ROC-AUC = 0.833, which indicates that the model fails to separate the two classes effectively across different decision thresholds. In highly imbalanced datasets like CICIoV2024, the Precision–Recall (PR) curve often provides a more realistic view than ROC. PR-AUC is especially sensitive to how well the model handles minority-class samples (attacks).

The high accuracy achieved by the RF, XGBoost, and MLP models is due to a combination of the CICIoV2024 dataset and the capabilities of the models themselves. First, the attacks in this dataset have defined differences in individual payload bytes, creating patterns easily distinguishable from normal traffic. This allows nonlinear models to detect anomalies with minimal uncertainty. Second, decision trees and neural networks capture complex nonlinear relationships and interactions between features. Unlike LR, which is limited by a linear constraint, such models can account for combinations of payload bytes, making them suitable for analyzing CAN traffic. Finally, the use of hyperparameter tuning allowed us to maximize the potential of the models and adapt them to the data structure. Taken together, these factors explain why models achieve near-perfect metrics on the CICIoV2024 dataset.

In the future, we want to increase the complexity of the dataset to see how the models perform in more realistic conditions. To make the task more challenging and closer to the real-world environment, we plan to add additional noise and new attack types. This method combines both supervised learning and unsupervised anomaly detection. This will allow the system to detect not only known attacks but also those never seen

before in the data. We expect this hybrid approach to make the IDS more robust and suitable for use in real-world IIoT transportation systems.

Conclusion. In this paper, we investigated the effectiveness of classical and modern machine learning models in detecting attacks in IIoT vehicle systems using the CICIoV2024 dataset. The results revealed a significant gap between linear and nonlinear methods: Logistic Regression faced limitations in modeling the complex dependencies of CAN traffic, while Random Forest, XGBoost, and MLP were able to almost completely distinguish between normal and malicious messages.

REFERENCES

- 1 B. M. et al. Evaluation of can bus security challenges. – 2020. – Vol. 20.
- 2 Czczot G. et al. AI in IIoT management of cybersecurity for industry 4.0 and industry 5.0 purposes / G. Czczot et al. // Electronics. – 2023. – Vol. 12, no. 18. – P. 380.
- 3 Carlos Pinto Neto E. et al. CICIoV2024: Advancing realistic IDS approaches against DoS and spoofing attack in IoV CAN bus / E. Carlos Pinto Neto, Hamideh, S. Dadkhah, S. Iqbal, P. Xiong, T. Rahman, A. Ghorbani. – 2024.
- 4 Happy. Internet of Vehicle (IoV) Cyber Attack Detection Using Machine Learning Techniques / Happy, A. Iqbal, S. K. Tiwari // 2024 4th International Conference on Advancement in Electronics & Communication Engineering (AECE) / IEEE. – 2024. – P. 1053–1057.
- 5 Arafah M. et al. Advancing IoV Security Through Machine Learning: Design and Evaluation of the CICIoV2024 Benchmark Dataset / M. Arafah, A. Adnane, W. Hadi, G. Al-Hyasat, M. Al-Hababbeh // 2025 1st International Conference on Computational Intelligence Approaches and Applications (ICCIAA) / IEEE. – 2025. – P. 1–6.
- 6 Aburub F., Arafah M., Al Smadi D. An Autoencoder – Based Anomaly Detection Framework for Vehicular Networks Using the CICIoV2024 Dataset / F. Aburub, M. Arafah, D. Al Smadi // IEEE NetSoft Conference. – 2025. – P. 179–183.
- 7 Janbi N. F. AI - Driven Intrusion Detection in IoV Communication: Insights from

13 CICIoV2024 Dataset / N. F. Janbi // International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA). – 2025. – Vol. 16, No. 3. – P. 272–282.

14 CICIoV2024. CIC IoV dataset 2024, updated on 30 March 2024 – 2024. – URL:

<http://cicresearch.ca/IOTDataset/CICIoV2024/Dataset/> (дата обращения: 17.03.2026).

Секция 23

Географиялық зерттеулердің заманауи аспектілері
Современные аспекты географических исследований

ЖОБАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ОҚУШЫЛАРДЫҢ ЗЕРТТЕУШІЛІК ДАҒДЫЛАРЫН ДАМУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

АКСАНБАЕВА Г. М.

магистрант, Абай атындағы

Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ.

АЛИАСКАРОВ Д. Т.

PhD, қауымдастырылған профессор, Абай атындағы
Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ.

Қазіргі білім беру жүйесінде білім алушылардың тек пәндік білімін меңгеруі ғана емес, сонымен қатар олардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамыту өзекті мәселелердің біріне айналып отыр. Әлемдік білім беру кеңістігінде оқытудың дәстүрлі ақпараттық үлгісінен тұлғаның танымдық белсенділігі мен дербес ізденісіне негізделген оқыту технологияларына көшу үрдісі байқалады. Осы тұрғыда білім алушылардың зерттеушілік ойлауын, талдау және қорытынды жасау қабілеттерін дамытуға бағытталған әдістердің маңызы артып келеді.

Жобалық оқыту әдісі (Project-Based Learning) – білім алушыларды нақты мәселені өз бетінше зерттеуге, ақпаратты жинақтауға, талдауға және нәтижені ұсынуға бағыттайтын оқытудың тиімді тәсілдерінің бірі. Бұл әдіс білім алушылардың танымдық дербестігін арттырып, ғылыми-зерттеу әрекетінің негізгі элементтерін жүйелі түрде қалыптастыруға мүмкіндік береді. Жобалық оқыту барысында білім алушылар мәселені анықтау,

мақсат қою, болжам жасау, ақпарат көздерімен жұмыс істеу және нәтижені бағалау сияқты зерттеушілік әрекеттерді меңгереді.

География пәні мазмұнының кешенділігі, пәнаралық байланыстарға ашықтығы және нақты өмірмен тығыз байланысы жобалық оқыту әдісін қолдануға қолайлы орта қалыптастырады. Географиялық құбылыстар мен үдерістерді зерттеу, картографиялық деректерді талдау, аймақтық мәселелерді қарастыру білім алушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын дамытуға теориялық тұрғыдан кең мүмкіндіктер береді. Сондықтан географияны оқытуда жобалық оқыту әдісін қолдану білім алушылардың зерттеушілік әлеуетін қалыптастырудың маңызды педагогикалық тетігі ретінде қарастырылады. Осыған байланысты аталған мақаланың мақсаты – географияны оқытуда жобалық оқыту әдісін қолдану арқылы білім алушылардың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастырудың теориялық аспектілерін талдау. Мақалада жобалық оқыту әдісінің педагогикалық мәні, ғылыми-зерттеу дағдылары ұғымының мазмұны және олардың география пәнін оқыту үдерісіндегі өзара байланысы теориялық тұрғыдан негізделеді.

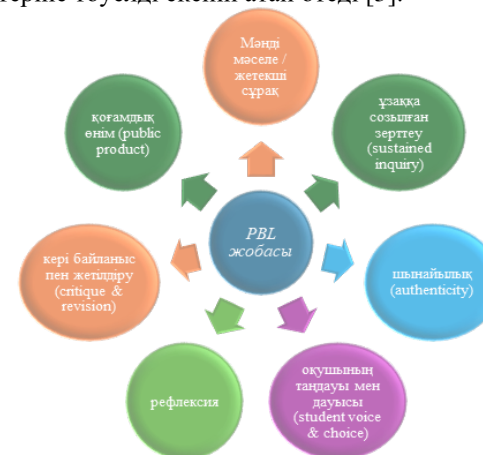
Жобалық оқыту (Project-Based Learning, PBL) – білім алушылардың нақты әрі мағыналы мәселені шешуге бағытталған ұзақ мерзімді оқу әрекеті арқылы пәндік білімді меңгеріп қана қоймай, зерттеушілік ойлауын, ақпаратпен жұмыс істеуін және нәтижені ұсыну қабілетін дамытатын оқыту тәсілі. Бұл әдістің педагогикалық мәні «оқушы – орындаушы» моделінен «оқушы – зерттеуші/жоба авторы» моделіне көшуімен сипатталады: білім алушы дайын ақпаратты қабылдамайды, керісінше проблеманы қояды, сұрақтарға жауап іздейді, деректерді салыстырады, дәлелдейді және қорытынды жасайды. Осы логика жобалық оқытуды ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыруға табиғи түрде жақындатады.

Қазіргі педагогикада PBL әдісі оқытудың құзыреттілікке бағытталған парадигмасымен және XXI ғасыр дағдыларын дамыту талаптарымен сабақтасады. БҰҰ БҒМҰ білім беру болашағы туралы құжаттарында оқушылардың өзгермелі әлемде бағыт табуы үшін сыни ойлау, ынтымақтастық, дербес шешім қабылдау және жауапкершілік сияқты қабілеттердің маңыздылығы атап өтіледі; бұл қабілеттер жобалық оқытуда оқу міндеттері арқылы тәжірибеде қалыптасады [1].

PBL-дің мазмұндық өзегі – оқу үдерісін «мәнді мәселе/сұрақтан» бастау және соған қарай жүйелі ізденіс ұйымдастыру.

Мектеп практикасына бейімделген кең таралған «Gold Standard PBL» үлгісінде жобаның негізгі дизайн элементтері 1-суретте келтірілген [2]. Бұл элементтер жобалық оқытудың педагогикалық мәнін нақтылайды: оқу мазмұны оқушының белсенді әрекетімен «жасалады», ал нәтиже міндетті түрде дәлелденген өнім немесе ұсыныс түрінде көрінеді. Демек, PBL тек әдіс емес, оқу әрекетін зерттеушілік логикаға келтіретін ұйымдастыру формасы.

Жобалық оқытудың тиімді педагогикалық құрал ретіндегі орны соңғы жылдардағы жинақтаушы зерттеулермен де негізделеді. Мысалы, *Frontiers in Psychology* журналында жарияланған мета-талдау жобалық оқытудың оқу нәтижелеріне (академиялық жетістік, ойлау дағдылары, аффективті көрсеткіштер) жалпы оң ықпалын көрсетіп, әдістің нәтижелілігі пән, деңгей және контекст ерекшеліктеріне тәуелді екенін атап өтеді [3].



1-сурет – PBL жобасының негізгі дизайн элементтері

Жобалық оқытудың педагогикалық мәнін ашуда бағалау мәселесі де маңызды. PBL жағдайында бағалау тек «соңғы өнімге» емес, бүкіл үдерістегі зерттеушілік әрекеттерге (дерек жинау, дәлелдеу, талдау, презентация) бағытталуы тиіс. Осы бағытта PBL бағдарламаларын/тәсілдерін бағалау жолдарын жүйелейтін соңғы шолулар жобалық оқытуды сапалы жүзеге асыру үшін критерийлерді (процесс, нәтиже, құзыреттер, қатысу деңгейі, рефлексия) алдын ала айқындаудың қажеттігін көрсетеді [4].

Географияны оқыту контексінде PBL әдісі пән табиғатымен үйлеседі, өйткені географияда құбылыстар кеңістіктік деректер

арқылы түсіндіріледі және нақты өмірлік проблемалармен (қоршаған орта, урбанизация, табиғи қауіп-қатер, ресурстар) байланысты. Соңғы жылдардағы зерттеулерде жобалық оқыту цифрлық карталар мен тақырыптық карталарды қолданумен ұштасқанда оқушылардың кеңістіктік ойлауын дамытуға әсер ететіні көрсетілген, бұл географиядағы зерттеушілік әрекет үшін іргелі компоненттердің бірі саналады [5]. Сонымен қатар, жоғары білімдегі «World Geography» пәнін жобалық форматқа қайта құру тәжірибесі студенттердің дербес ізденісі мен нәтижені негіздеп ұсынуына мүмкіндік бергенін сипаттайды, бұл PBL-дің пәндік мазмұнды зерттеу әрекетімен байланыстыра алатынын көрсетеді [6].

Осылайша, жобалық оқыту әдісінің педагогикалық мәні үш тірек арқылы айқындалады: оқу мазмұнын проблемалық-зерттеушілік әрекетке құру; білім алушының дербестігі мен жауапкершілігін күшейту; пәндік білімді нақты өнім/шешім түріндегі дәлелденген нәтижеге айналдыру. Бұл сипаттамалар география пәнінде жобалық оқытуды ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастырудың теориялық-әдіснамалық тетігі ретінде қарастыруға негіз болады.

Қазіргі педагогикалық зерттеулерде ғылыми-зерттеу дағдылары білім алушының тек академиялық жетістігін сипаттайтын көрсеткіш ретінде емес, оның дербес танымдық әрекетін жүзеге асыруға мүмкіндік беретін кешенді қабілеттер жүйесі ретінде қарастырылады. Ғылыми-зерттеу дағдылары ұғымы білім алушылардың мәселені анықтау, зерттеу сұрағын тұжырымдау, ақпарат көздерін таңдау, деректерді жинақтау мен талдау, дәлелді қорытынды жасау және алынған нәтижені ұсыну әрекеттерін қамтиды. Осы тұрғыдан алғанда, ғылыми-зерттеу дағдылары оқу үдерісіндегі белсенді, саналы және мақсатты танымдық іс-әрекеттің негізін құрайды.

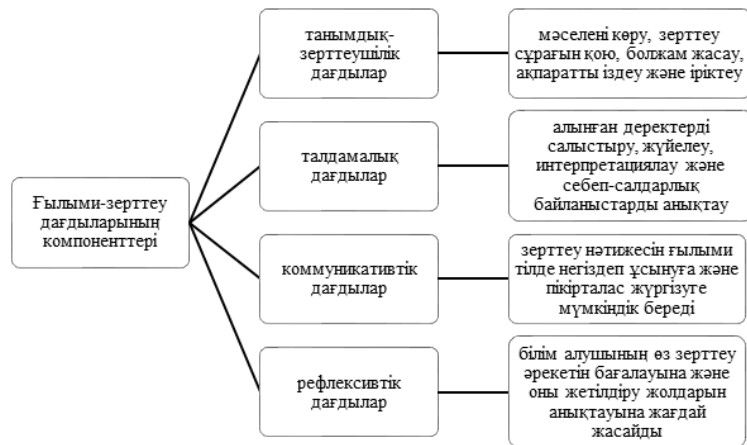
Соңғы жылдардағы халықаралық зерттеулерде зерттеушілік дағдыларды қалыптастыру білім берудің құзыреттілікке бағытталған моделінің негізгі нәтижелерінің бірі ретінде айқындалады. ЭЫДҰ білім беру құжаттарында білім алушылардың деректермен жұмыс істеу, зерттеу жүргізу және дәлелді пайымдау қабілеттері функционалдық сауаттылықтың маңызды құрамдасы ретінде көрсетіледі. Сонымен қатар БҰҰ БҒМҰ білім беру болашағына арналған баяндамаларында ғылыми-зерттеу дағдылары сыни ойлау, проблеманы шешу және өзіндік оқу дағдыларымен өзара байланыста дамитын кешенді құзыреттер жүйесі ретінде қарастырылады [7]. Педагогикалық әдебиеттерде ғылыми-

зерттеу дағдыларының құрылымын сипаттауда әртүрлі тәсілдер ұсынылады. Соңғы бес жылда жарияланған теориялық және шолу сипатындағы зерттеулерді жинақтай отырып, ғылыми-зерттеу дағдыларын бірнеше өзара байланысты компоненттерге жіктеуге болады (сурет 2) [8].

Зерттеулер көрсеткендей, ғылыми-зерттеу дағдылары дәстүрлі репродуктивті оқыту жағдайында жүйелі түрде қалыптаспайды және көбіне жекелеген элементтермен шектеледі. Осыған байланысты қазіргі педагогикалық әдебиеттерде зерттеушілік дағдыларды дамыту үшін оқыту үдерісін әрекетке негізделген және проблемалық сипатта ұйымдастыру қажеттігі атап өтіледі [8]. Мұндай тәсілдер білім алушыны дайын білімді қабылдаушы емес, зерттеу үдерісінің белсенді субъектісі ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Осы теориялық тұжырымдар ғылыми-зерттеу дағдылары мен жобалық оқыту әдісінің өзара байланысын негіздейді. Project-Based Learning жағдайында білім алушы міндетті түрде мәселені анықтайды, мақсат қояды, ақпарат көздерімен жұмыс істейді, алынған деректерді талдайды және нәтижені дәлелді түрде ұсынады. Сондықтан, жобалық оқыту ғылыми-зерттеу дағдыларының барлық негізгі компоненттерін біртұтас педагогикалық үдеріс аясында қалыптастыруға мүмкіндік беретін әдіс ретінде қарастырылады.

География пәнін оқыту контекстінде ғылыми-зерттеу дағдыларының маңызы ерекше. Географиялық білім кеңістіктік деректерді талдауды, картографиялық материалдармен жұмыс істеуді, табиғи және әлеуметтік үдерістер арасындағы байланыстарды анықтауды талап етеді.



2-сурет – Ғылыми-зерттеу дағдыларының компоненттері

Зерттеулерде география сабақтарында зерттеушілік тапсырмаларды қолдану білім алушылардың кеңістіктік ойлауын және деректерді ғылыми тұрғыдан интерпретациялау қабілетін дамытуға ықпал ететіні көрсетілген. Бұл ерекшеліктер ғылыми-зерттеу дағдыларын географияны оқыту мазмұнымен табиғи түрде байланыстырады.

Осылайша, ғылыми-зерттеу дағдылары білім алушының танымдық дербестігін қамтамасыз ететін күрделі құрылым ретінде сипатталады. Алдыңғы бөлімде қарастырылған жобалық оқыту әдісінің педагогикалық мәні дәл осы дағдыларды қалыптастыру талаптарымен үйлеседі. Бұл өзара байланыс келесі бөлімде географияны оқытуда жобалық оқыту әдісін қолданудың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастырудағы теориялық мүмкіндіктерін талдауға негіз болады.

Халықаралық педагогикалық әдебиеттерде географияны оқытуда жобалық және зерттеуге негізделген тапсырмаларды қолдану білім алушылардың кеңістіктік ойлауын, деректерді интерпретациялау қабілетін және ғылыми пайымдауын дамытуға ықпал ететіні көрсетіледі. Бұл еңбектерде географиядағы жобалық жұмыстардың мазмұны нақты аймақтық мәселелермен, экологиялық жағдайлармен және әлеуметтік-экономикалық үдерістермен байланыстырылған жағдайда білім алушылардың танымдық белсенділігі артатыны атап өтіледі.

Қазақстандық педагогикалық зерттеулерде де жобалық оқыту әдісінің әлеуеті соңғы жылдары белсенді талқылануда. Мәселен, Ж.Қ. Қараев пен әріптестері оқыту үдерісін әрекетке және нәтижеге бағдарлау білім алушылардың дербестігін арттырып, олардың оқу-танымдық және зерттеушілік қабілеттерін дамытуға мүмкіндік беретінін көрсетеді [9]. Авторлар жобалық тапсырмалардың білім алушыларды мәселені өз бетінше талдауға, ақпарат көздерімен жұмыс істеуге және қорытынды жасауға бағыттайтынын атап өтеді, бұл ғылыми-зерттеу дағдыларының негізгі элементтерімен сәйкес келеді.

Сонымен қатар қазақстандық білім беру контексінде география пәнін оқытуда жобалық жұмыстарды қолдану аймақтық материалдарға сүйену арқылы білім алушылардың зерттеушілік қызығушылығын арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілген. М.Ж. Жадрин оқу мазмұнын өмірмен байланыстыру және проблемалық жағдайлар құру білім алушылардың зерттеу әрекетіне тартылуын күшейтетін маңызды факторлардың бірі екенін атап өтеді [10]. Бұл тұжырым географиядағы жобалық оқытудың теориялық негіздерін ұлттық білім беру ерекшеліктерімен байланыстыруға мүмкіндік береді.

Теориялық тұрғыдан алғанда, географияны оқытуда жобалық оқыту әдісі ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастырудың бірнеше бағытын қамтиды. Біріншіден, жобалық тапсырмалар білім алушыларды географиялық мәселені анықтауға және зерттеу сұрағын тұжырымдауға үйретеді. Екіншіден, әртүрлі дереккөздермен (карталар, статистикалық мәліметтер, цифрлық ресурстар) жұмыс істеу арқылы талдамалық дағдылар дамиды. Үшіншіден, жобаның нәтижесін ұсыну барысында білім алушылардың ғылыми тілде сөйлеу, дәлелдеу және рефлексия жасау қабілеттері қалыптасады. Бұл үдерістер ғылыми-зерттеу дағдыларының құрылымдық компоненттерімен толық сәйкес келеді.

Осылайша, география пәнін оқытуда жобалық оқыту әдісін қолдану ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастырудың теориялық тұрғыдан негізделген мүмкіндіктерін айқындайды. Халықаралық және қазақстандық зерттеулердің тұжырымдары жобалық оқытуды география сабақтарында білім алушылардың зерттеушілік әлеуетін дамытуға бағытталған тиімді педагогикалық тетік ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Бұл тұжырымдар алдағы кезеңде тәжірибелік зерттеу жүргізу үшін теориялық негіз бола алады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 UNESCO. The futures we build: abilities and competencies for the future. – Paris: UNESCO, 2021.
- 2 PBLWorks (Buck Institute for Education). Gold Standard Project Design / Gold Standard Teaching Practices [Электрондық ресурс]. – <https://www.pblworks.org> (қараған күні: 26.01.2026).
- 3 Zhang L., Ma Y. A study of the impact of project-based learning on student learning effects: a meta-analysis study // *Frontiers in Psychology*. – 2023. – № 14. – DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1202728.
- 4 Ramírez de Dampierre M. және т.б. Evaluation of the implementation of project-based learning // *Education Sciences*. – 2024. – № 14(10). – P. 1107.
- 5 Duarte L. және т.б. Evaluation of spatial thinking ability based on exposure to geographic tasks // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. – 2022. – № 11(8). – P. 417.
- 6 Grobelski T. Project-based learning in an introductory undergraduate world geography course // *Journal of Geography*. – 2023. – DOI: 10.1080/00221341.2023.2189743.
- 7 OECD. Innovative learning environments and the future of education. – Paris: OECD Publishing, 2021.
- 8 Fu Q., Hwang G.-J. Trends in research on inquiry-based and research-based learning // *Educational Research Review*. – 2022. – № 36. – P. 100456.
- 9 Қараев Ж.Қ., Қобдикова Ж.У., Жакыпова Г.С. Оқытудағы инновациялық технологиялар және білім алушылардың танымдық дербестігін дамыту // *Қазақстан мектебі*. – 2020. – № 4. – Б. 12–18.
- 10 Жадрин М.Ж. Құзыреттілікке бағытталған білім беру жағдайында оқыту мазмұнын жаңарту // *Педагогика және психология*. – 2021. – № 3(48). – Б. 25–32.

ОЦЕНКА ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦИАЛА И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

КЕНЕСОВА Д. С.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

АЖАЕВ Г. С.

ассоц. профессор (доцент), кандидат геолого-минералогических наук,
Торайгыров университет, г. Павлодар

В условиях глобализации мировой экономики и усиления международной торговли транспортная инфраструктура приобретает ключевое значение для социально-экономического развития регионов. Павлодарская область, расположенная на северо-востоке Казахстана и граничащая с Российской Федерацией, обладает стратегическим положением, развитой промышленной базой и разветвлённой транспортной сетью. Это создаёт предпосылки для формирования значимого транзитного узла на национальном и международном уровне. Географическое положение области на пересечении экономических и транспортных коридоров Казахстана, России и стран Центральной Азии определяет её роль как связующего звена между промышленными центрами региона и внешними рынками [1].

Транспортная система Павлодарской области характеризуется многообразием видов транспорта: автомобильным, железнодорожным, трубопроводным, водным и воздушным. Рельеф региона преимущественно равнинный, что облегчает строительство и эксплуатацию транспортных магистралей. Через область протекает одна из крупнейших рек Казахстана - Иртыш, являющаяся естественной водной артерией, которая используется для грузовых и пассажирских перевозок. Сочетание равнинного рельефа, развитой транспортной инфраструктуры и стратегического расположения создаёт благоприятные условия для формирования устойчивой и разветвлённой транспортной системы.

Региональные транспортные магистрали включают автодороги республиканского значения (Алматы-Павлодар-Омск, Павлодар-Семей-Калбатау-Усть-Каменогорск), участки Южно-Сибирской железной дороги, трубопроводы для нефти и газа, а также международный аэропорт Павлодара, который обеспечивает регулярные внутренние и международные рейсы. Такая инфраструктура позволяет Павлодарской области выполнять

роль транзитного узла и интегрироваться в систему евразийских транспортных связей [2].

Для оценки развития транспортной системы региона рассмотрим динамику показателей за период 2020-2025 годов, когда отрасль постепенно восстанавливалась после спада, вызванного пандемией COVID-19.

Таблица 1 – Основные показатели транспортного комплекса Павлодарской области (2020–2025 гг.)

Год	Перевезено грузов, тыс. т	Автомобильный транспорт, млн ткм	Трубопроводный транспорт, млн ткм	Внутренний водный транспорт, млн ткм
2021	123 116,0	18 382,0	4 123,0	35,5
2022	132 661,0	19 108,9	4 085,0	34,5
2023	137 840,0	19 853,0	4 240,0	36,0
2024	142 500,0	20 410,0	4 380,0	37,8
2025	154 852,9	21 153,6	4 435,0	44,0

Анализ показывает устойчивый рост грузоперевозок во всех сегментах транспорта. Общий объём перевозок с 2021 по 2025 годы увеличился на 25,8% (с 123 116 до 154 852,9 тыс. тонн). Наибольший прирост наблюдается в сегменте автомобильного транспорта, который традиционно является основным видом перевозок. Трубопроводный транспорт остаётся стабильным, обеспечивая бесперебойное функционирование нефтехимического комплекса региона.

Таблица 2 – Пассажирские перевозки и транспортная инфраструктура Павлодарской области (2020–2025 гг.)

Год	Автомобильный транспорт, млн чел	Городской электротранспорт, тыс. чел	Внутренний водный транспорт, тыс. чел	Количество судов на Иртыше, ед.
2020	565,2	11 054,1	8,5	24
2021	564,8	14 448,1	8,4	24
2022	616,2	17 123,3	44,7	26
2023	640,0	17 890,0	45,0	27
2024	665,0	18 750,0	48,0	28
2025	667,2	11 798,0	–	28

Данные таблицы 2 подтверждают устойчивый рост пассажирских перевозок автомобильным транспортом, который увеличился с 565,2 млн чел. в 2020 году до 667,2 млн чел. в 2025 году. Городской электротранспорт демонстрирует рост пассажиропотока до 18 750 тыс. чел. в 2024 году, однако в 2025 году наблюдается снижение, что может быть связано с корректировкой маршрутов или изменением методики учёта. Внутренний водный транспорт показывает значительное увеличение пассажиропотока с 8,5 тыс. чел. в 2020 году до 48 тыс. чел. в 2024 году, отражая повышение интереса к речным перевозкам. Количество судов на Иртыше постепенно увеличивается, подтверждая расширение водной инфраструктуры региона [3].

Таблица 3 – SWOT-анализ транзитного потенциала Павлодарской области

Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)
Выгодное экономико-географическое положение (граница с РФ, транзитное положение)	Снижение объёмов перевозок в отдельные годы
Наличие всех видов транспорта (железнодорожный, автомобильный, водный, авиа, трубопровод)	Износ транспортной инфраструктуры
Развитая промышленная база (металлургия, энергетика, нефтепереработка)	Недостаточное развитие логистических центров

Сформированная транспортная сеть и наличие реки Иртыш	Низкий уровень мультимодальной интеграции
Возможности (О)	Угрозы (Т)
Рост международных транзитных перевозок Европа–Азия	Конкуренция альтернативных транспортных маршрутов
Создание транспортно-логистических хабов	Экономическая нестабильность и снижение спроса
Интеграция в международные транспортные коридоры	Износ подвижного состава
Цифровизация логистики и транспортной системы	Экологические нагрузки
Привлечение инвестиций в инфраструктуру	Зависимость от внешнеэкономических факторов

SWOT-анализ демонстрирует, что сильными сторонами региона являются выгодное географическое положение, развитая промышленная база и наличие всех видов транспорта. В то же время слабые стороны, такие как снижение объёмов перевозок и недостаточная мультимодальная интеграция, ограничивают реализацию транзитного потенциала. Возможности региона связаны с развитием международного транзита, созданием логистических хабов и цифровизацией транспортной системы, а угрозы - с конкуренцией маршрутов, экономической нестабильностью и экологическими рисками [4].

На основе анализа статистических данных и SWOT-анализа можно выделить ключевые направления развития транспортного комплекса Павлодарской области:

- модернизация транспортной инфраструктуры, включая реконструкцию автомобильных дорог и развитие железнодорожной сети;
- развитие транзитных перевозок и интеграция различных видов транспорта;
- внедрение цифровых технологий для управления логистикой, мониторинга потоков и оптимизации маршрутов;
- активная интеграция в международные транспортные коридоры «запад–восток» и «север–юг», что усилит транзитную роль региона в евразийской сети.

Реализация этих мер позволит повысить эффективность транспортного комплекса, увеличить объёмы транзитных перевозок, сократить время доставки грузов и пассажиров, а также укрепить

роль Павлодарской области как стратегического транспортного узла Казахстана.

Системные проблемы, такие как износ инфраструктуры, недостаток логистических центров и низкий уровень интеграции, требуют комплексных преобразований. Внедрение современных технологий, развитие мультимодальных перевозок и интеграция в международные транспортные коридоры позволят Павлодарской области реализовать её потенциал как важного транспортно-логистического центра, обеспечивая устойчивое социально-экономическое развитие и конкурентоспособность на международной арене [5].

ЛИТЕРАТУРА

1 Вечкинзова Е.А. Современные тенденции и перспективы развития транспортно-логистического комплекса Казахстана // Экономика, предпринимательство и право. – 2020. – Том 10, С. – 3297-3308.

2 Щербакова, В.В. Логистика и управление цепями поставок / В.В. Щербакова. - М.: Издательство Юрайт, 2016. – 164 с.

3 Комитет по статистике Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. – URL: “www.stat.gov.kz/pavlodar” (дата обращения 17.03.2026)

4 Кизатов Е.А. Формирование и развитие магистральной железнодорожной сети // Магистраль, 2006, – Том 2, – С. 49-60.

5 Четкина, А.А. Транспортная инфраструктура: практикум для студентов направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» всех форм обучения / А.А. Четкина, Е.А. Абросимов, М.В. Бураковская; БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ». – Калининград: Издательство БГАРФ, 2021. – 88 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ И БАРЬЕРЫ ВНЕДРЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ «УМНОГО ГОРОДА» В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕРАЗМЕРНОГО ГОРОДА ПАВЛОДАР

КОСАРЕВСКАЯ Е. В.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЕГИНБАЕВА А.Е.

PhD, ассоциированный профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В условиях стремительной урбанизации и развития цифровых технологий особую актуальность приобретает концепция «умного города» (Smart City) – это инициатива по повышению эффективности управления городскими ресурсами и услугами и совершенствования инфраструктуры за счет внедрения инновационных решений с целью создания комфортных условий для граждан [1]. В основе данной концепции лежит использование информационно-коммуникационных технологий, цифровых платформ и интеллектуальных систем для оптимизации функционирования городской инфраструктуры, транспортных систем, коммунальных услуг, а также обеспечения безопасности и экологической устойчивости городской среды.

При этом особый интерес представляет применение данной концепции не только в крупнейших мегаполисах, но и в среднеразмерных городах, которые обладают иными социально-экономическими условиями, ресурсными возможностями и управленческими особенностями. Город Павлодар является одним из значимых промышленных и экономических центров Казахстана. В условиях цифровой трансформации экономики и развития городской инфраструктуры возникает необходимость анализа возможностей внедрения элементов «умного города» на территории данного города. Вместе с тем процесс внедрения инновационных технологий может сопровождаться рядом экономических, технических и организационных барьеров, требующих комплексного изучения. Целью данной статьи является анализ перспектив и барьеров внедрения концепции «умного города» в условиях среднеразмерного города на примере Павлодара. В рамках исследования рассматриваются теоретические основы концепции Smart City, возможные направления её реализации, а также основные факторы, ограничивающие внедрение подобных технологий в городскую среду.

Анализ представленных данных показывает, что в Павлодаре уже реализуются отдельные элементы концепции «умного города», однако они носят фрагментарный характер и не всегда объединены в единую цифровую систему. Это определяет необходимость формирования комплексного подхода к внедрению Smart City, что обуславливает выделение приоритетных направлений дальнейшего развития.

Таблица 1 – Нынешняя реализация элементов концепции «Smart City» в городе Павлодар

Направление	Что реализовано	Статус
Безопасность	Система видеонаблюдения («Безопасный город»), интеграция камер с ситуационным центром	Частично реализовано
Транспорт	Электронное билетирование в общественном транспорте, Приложение «Avtobys», GPS-мониторинг	Внедрено (100% охват)
Инфраструктура	Модернизация уличного освещения (элементы «умного» освещения)	Частично реализовано / проблемная реализация
Экология	Мониторинг качества воздуха (онлайн-платформы, датчики)	Частично реализовано / проблемная реализация
Электронное управление	Государственные онлайн-сервисы, цифровые платформы для взаимодействия с населением	Реализовано
Образование	Электронные очереди в сады, система «Күнделік», IT-классы	Реализовано
ЖКХ	Умные счетчики тепла и воды в новых ЖК, оцифровка инженерных сетей.	В стадии внедрения

На основе анализа текущего состояния цифровизации города можно выделить несколько ключевых векторов, внедрение которых

позволит трансформировать фрагментарные решения в единую интеллектуальную экосистему:

Оптимизация транспортной системы (Smart Mobility):

- Установка информационных табло с отображением реального времени прибытия транспорта (на основе данных GPS/ГЛОНАСС);
- Внедрение систем видеоаналитики и датчиков подсчета пассажиров на входах в транспортные средства. Интеграция этих данных с системой электронного билетирования позволит получить полную картину загруженности маршрутов в разное время суток;
- Использование алгоритмов Big Data для автоматической корректировки графиков движения. В случае заторов или резкого увеличения спроса (например, после окончания смены на крупных заводах), система должна предлагать диспетчерам вывод дополнительных единиц на линию или изменение интервалов в реальном времени;

- Адаптивное управление трафиком: Внедрение системы умных светофоров, которые распознают приближение трамвая или автобуса и автоматически продлевают фазу зеленого света для общественного транспорта. (Например, в Москве трамваи стали проезжать перекрестки на 20% быстрее благодаря внедрению интеллектуальной системы управления движением [2]).

Интеллектуальная экологическая платформа (Smart Environment)

- Создание единого протокола передачи данных от автоматизированных систем мониторинга выбросов крупных предприятий (ПНХЗ, Алюминиевый завод, Аксуский завод ферросплавов) в городской ситуационный центр;

- Развертывание более плотной сети бюджетных датчиков качества воздуха в жилых массивах. Это позволит создать детализированную онлайн-карту загрязнения, доступную для граждан в реальном времени;

- Использование алгоритмов машинного обучения для прогнозирования периодов неблагоприятных метеоусловий и автоматического оповещения населения и предприятий.

Цифровизация жилищно-коммунального хозяйства

- Внедрение интеллектуальных систем распределения тепловой энергии.

- Использование датчиков давления и температуры на магистральных трубопроводах позволит выявлять скрытые утечки и предаварийные состояния до того, как они приведут к

масштабным отключениям. Так, Министерство промышленности и строительства Республики Казахстан заявляет о переходе к единой цифровой модели обслуживания населения, включая запуск платформы Smart Turmys, внедрение «умных» счетчиков и автоматизированного сбора данных по воде, теплу и электроэнергии в период 2026–2028 гг. [3];

- Создание 3D-модели (Digital Twin): Разработка цифрового двойника городской инфраструктуры. Это позволит моделировать последствия новых застроек, анализировать нагрузку на инженерные сети и планировать ремонтные работы с минимальным дискомфортом для жителей.

Повышение качества городской среды и общественной безопасности

- Исправление текущих проблем с уличным освещением путем перехода на систему с обратной связью. Светильники должны не только менять яркость в зависимости от присутствия людей, но и автоматически отправлять сигнал в диспетчерскую службу при выходе из строя;

- «Безопасные дворы»: Расширение системы видеонаблюдения «Сергек» на внутريدворовые территории с использованием видеоаналитики (распознавание оставленных предметов, детекция актов вандализма).

Развитие человеческого капитала и цифрового участия

- Создание сервиса для электронного голосования по вопросам благоустройства (например, выбор дизайна парков или названий улиц), что повысит уровень вовлеченности жителей в управление городом;

- Единая мобильная платформа «Активный Павлодар»: Разработка (или глубокая модернизация текущих решений) мобильного приложения, работающего по принципу «инцидент-менеджмента». Житель должен иметь возможность отправить заявку о проблеме (незаконная свалка, открытый люк, неработающий фонарь или дефект дорожного покрытия на улице), просто прикрепив фотографию с автоматической геометкой. Система должна в реальном времени отображать статус заявки («Принято», «В работе», «Исполнено») с обязательным фотоотчетом со стороны ответственной службы.

Кибербезопасность, защита персональных данных и правовое регулирование

- Разработка и внедрение строгого регламента по работе с персональными данными на муниципальном уровне. Это включает

четкое определение того, какие данные собираются приложениями (например, «Smart Pavlodar» или «Avtobys»), как долго они хранятся и кто имеет к ним доступ;

– Переход на использование защищенных протоколов передачи данных и современных стандартов шифрования (AES-256 и аналоги) для всей муниципальной сети. Хранение критически важной информации должно осуществляться в защищенных локальных дата-центрах с многоуровневой системой доступа;

– Разработка четких алгоритмов действий для городских служб на случай кибератак на системы жизнеобеспечения (ТЭЦ, водоканал, управление трафиком). Город должен обладать цифровой устойчивостью (Digital Resilience), позволяющей быстро восстанавливать работу систем после сбоев;

– Регулярное проведение тренингов для сотрудников акимата и коммунальных предприятий по вопросам кибербезопасности. Человеческий фактор остается самым слабым звеном, поэтому повышение осведомленности персонала - это фундамент защиты всей экосистемы Smart City.

Несмотря на наличие серьезных перспектив и уже реализованных кейсов, процесс цифровой трансформации Павлодара сталкивается с рядом барьеров, которые можно классифицировать по четырем основным группам:

1. Техничко-инфраструктурные барьеры

– Основным препятствием для внедрения Smart-технологий в сфере ЖКХ является высокая степень изношенности инженерных сетей (теплоснабжение, водоотведение), достигающая по ряду участков 80%. Установка интеллектуальных датчиков на ветхие магистрали не решает проблему потерь ресурсов, а лишь констатирует аварийные ситуации. Также текущие цифровые решения (видеонаблюдение, билетирование, системы акимата) зачастую работают как автономные «информационные колодцы» (Data Silos). Отсутствует единый протокол обмена данными, что затрудняет создание полноценного «цифрового двойника» города и единого ситуационного центра.

2. Экономические и финансовые барьеры

– Большинство аппаратных решений (датчики IoT, серверное оборудование, контроллеры) и специализированного ПО являются импортными. Колебания валютного курса и высокая стоимость лицензирования создают значительную финансовую нагрузку на местный бюджет. Проекты Smart City в социальной и экологической

сферах не приносят прямой коммерческой прибыли, что делает их малопривлекательными для частных инвесторов в рамках государственно-частного партнерства.

3. Организационно-правовые барьеры

– Наблюдается существенный отток квалифицированных IT-кадров из Павлодара в мегаполисы (Астана, Алматы) и зарубеж. Нехватка узких специалистов в области анализа Big Data и кибербезопасности замедляет темпы обслуживания умных систем;

– На муниципальном уровне отсутствуют четкие регламенты использования данных с частных камер видеонаблюдения, а также стандарты взаимодействия между сервисными компаниями (КСК/ОСИ) и общегородскими цифровыми платформами.

4. Социально-психологические барьеры

– Часть населения, особенно старшего возраста, испытывает сложности с использованием цифровых сервисов. Кроме того, сохраняется скептицизм в отношении прозрачности сбора персональных данных, что сдерживает массовое внедрение мобильных приложений для активного участия в жизни города.

В заключение, анализ показывает, что в Павлодар уже есть важные предпосылки для развития Smart City - действующие пилоты в транспорте, видеонаблюдении и экологическом мониторинге, а также интерес со стороны муниципальных структур и образовательных учреждений; одновременно фрагментарность систем, изношенность инфраструктуры, финансовые и кадровые ограничения, а также недостаточная регуляция и общественное недоверие требуют поэтапного и приоритетного подхода.

В первую очередь необходимы «быстрые победы» (массовое покрытие e-ticket, публичная панель качества воздуха, мобильный портал заявок) и создание интегрированной городской платформы с четкой политикой по данным; параллельно - инвестиции в подготовку кадров и усиление кибербезопасности. Такой сбалансированный подход снизит риски, облегчит привлечение инвестиций и позволит масштабировать «умные» сервисы, действительно повышая качество городской среды и безопасность жителей.

ЛИТЕРАТУРА

1 Умные города / [Электронный ресурс]. — URL: https://egov.kz/cms/ru/articles/smart_cities [дата обращения: 14.03.2026]

2 Умные светофоры в Москве ускорили проезд трамваев / [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.ferra.ru/news/v-rossii/>

umnye-svetofory-v-moskve-uskorili-proezd-tramvaev-30-10-2025.htm
[дата обращения: 16.03.2026]

3 Через три года казахстанцев избавят от отправки по WhatsApp
данных со счетчиков / [Электронный ресурс]. — URL: <https://bizmedia.kz/2026-02-13-cherez-tri-goda-kazahstanczev-izbavyat-ot-otpravki-po-whatsapp-dannyh-so-schetchikov/> [дата обращения: 16.03.2026]

ӘЛЕУМЕТТІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМ ХАЛЫҚТЫҢ ӨМІР САПАСЫНЫҢ ФАКТОРЫ РЕТІНДЕ (ПАВЛОДАР ҚАЛАСЫ МЫСАЛЫНДА ТАЛДАУ)

КУСАИНОВА Г. А.

магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

АЖАЕВ Г. С.

г.-м.г.к., қауымдастырылған профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Инфрақұрылым – аумақтарды игеру мен дамытудың, олардың әлеуметтік және аумақтық-құрылымдық тұрақтылығының маңызды факторларының бірі. Оның құрамы, қуаттылығы және орналасу ерекшеліктері табиғи, демографиялық, қоныстану, өндірістік-экономикалық және өндірістік-географиялық, әлеуметтік-экономикалық және әлеуметтік-географиялық факторлардың кең ауқымының ықпалымен қалыптасады. Инфрақұрылым аумақтың көптеген сипаттамаларын айқындайды: оның келбеттік ерекшелігін, дифференциация және интеграция деңгейін, сыйымдылығын, байланыстылық және тосқауылдық қасиеттерін, жетілу дәрежесін, шаруашылық тұрғыдан игерілу тығыздығын, сондай-ақ әлеуметтік параметрлерін [1].

Қазіргі қалалардың даму жағдайында халықтың әлеуметтік инфрақұрылым нысандарымен қамтамасыз етілу деңгейі ерекше маңызға ие, өйткені дәл осы нысандар жайлы, қауіпсіз және толыққанды өмір сүруге қажетті базалық жағдайларды қалыптастырады. Әлеуметтік инфрақұрылымға білім беру, денсаулық сақтау, мәдениет, спорт және әлеуметтік қорғау мекемелері жатады, олар адамның негізгі қажеттіліктерін қамтамасыз етіп, адами әлеуеттің дамуына ықпал етеді.

Қоғамдық инфрақұрылымды халықты қамту критерийі бойынша келесідей жіктеуге болады:

– халықтың барлық топтарын қамтитын (көлік, тұрғын үй-коммуналдық инфрақұрылым);

– халықтың жас ерекшелігі топтарын қамтитын (білім беру инфрақұрылымы);

– кәсіби-іскерлік топтарды қамтитын;

– әлеуметтік топтарды қамтитын;

– табыс деңгейі әртүрлі халық топтарын қамтитын.

Қаланың әлеуметтік инфрақұрылымы – бұл тек ғимараттар мен мекемелер жиынтығы ғана емес, ол білімге, медицинаға, спортқа, демалысқа және әлеуметтік қолдауға қолжетімділікті қамтамасыз ететін жүйелер кешені. Еуропалық урбанистика институты жүргізген зерттеулерге сәйкес, дамыған әлеуметтік инфрақұрылымның болуы қала тұрғындарының қанағаттану деңгейін 45 %-ға дейін арттырады. Қарапайым тілмен айтқанда, сіздің ауданыңызды әрбір әлеуметтік «жасушасы» өз қызметін атқаратын үлкен тірі ағза ретінде елестетуге болады, олар бүкіл жүйенің саулығы мен жайлылығын қамтамасыз етеді (1-кесте).

1-кесте – Әлеуметтік инфрақұрылым және оның функциялары

№	Инфрақұрылым	Функциялары
1	Мектептер мен балабақшалар	Балалар үшін сапалы білім беру және қауіпсіз орта қалыптастыру
2	Медициналық мекемелер	Денсаулық сақтау қызметтеріне жедел қолжетімділікті қамтамасыз ету
3	Спорт алаңдары мен фитнес-орталықтар	Денсаулықты сақтау және белсенді өмір салтын қолдау
4	Мәдениет орталықтары мен кітапханалар	Даму, шығармашылық және бос уақытты тиімді ұйымдастыру
5	Қоғамдық көлік және қолжетімділік	Ауданның қаланың басқа бөліктерімен байланысын қамтамасыз ету
6	Сауда нүктелері мен қызмет көрсету объектілері	Қолайлылықты арттыру және уақытты үнемдеу
7	Қоғамдық кеңістіктер мен саябақтар	Демалыс пен қарым-қатынасқа арналған орта

Қалалық инфрақұрылымды дамыту тек ғимараттар мен инженерлік құрылыстар салумен шектелмей, сонымен қатар жасыл желектерді, саябақтар мен рекреациялық аймақтарды қалыптастыру арқылы экологиялық тұрғыдан тұрақты ортаны құруды қамтиды. Скверлер, бақтар және ірі парктік аумақтар

түріндегі қоғамдық абаттандыру жобаларын жүзеге асыру қалалық ортаның экологиялық жағдайын жақсартуға, ауа ластану деңгейін төмендетуге, қолайлы микроклимат қалыптастыруға ықпал етеді, сондай-ақ халыққа демалу, дене белсенділігі және әлеуметтік өзара әрекеттесу үшін кеңістіктерге қолжетімділікті қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, мұндай қалалық орта элементтері урбанизацияланған аумақтар жағдайында биоалуантүрлілікті сақтау мен қолдауда маңызды рөл атқарады [3].

Қарқынды урбанизация және әлеуметтік-экономикалық үдерістердің күрделенуі жағдайында әлеуметтік инфрақұрылымның маңызы едәуір артады. Бұл оның халықтың өмір сүру сапасына, әлеуметтік тұрақтылық деңгейіне және аумақтың экономикалық белсенділігіне әсер ететін қаланың тұрақты дамуының негізгі факторы ретінде кешенді әрі жүйелі талдау қажеттілігін айқындайды.

Қазақстан Республикасының солтүстік-шығысында орналасқан Павлодар қаласы дамыған аумақтық-әкімшілік құрылымымен және әлеуметтік инфрақұрылым объектілерінің көпфункционалды жүйесінің болуымен сипатталады. Қала аумағында әртүрлі бейіндегі мекемелер жұмыс істейді, олар халықтың негізгі қажеттіліктерін қанағаттандыруды және қоғамның тіршілік әрекетін қамтамасыз етеді.

Қаланың әлеуметтік инфрақұрылымы білім беру, денсаулық сақтау, сауда, мәдениет және бос уақытты ұйымдастыру объектілерінің жиынтығы негізінде қалыптасады, олар аумақтық қолжетімділік пен халық тығыздығын ескере отырып орналастырылған. Оның дамуының маңызды аспектілерінің бірі – мекемелердің қала аудандары бойынша теңгерімді орналасуы, бұл көлік жүктемесін азайтуға және қызметтердің қолжетімділік деңгейін арттыруға ықпал етеді.

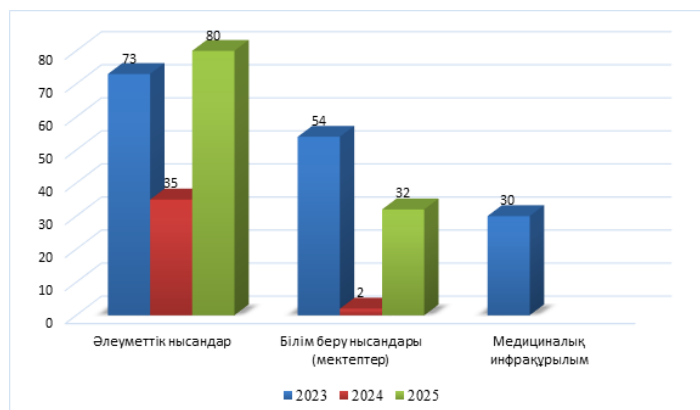
Білім беру инфрақұрылымы мектепке дейінгі ұйымдар, жалпы білім беретін мектептер, лицейлер, гимназиялар және техникалық және кәсіптік білім беру ұйымдарының желісімен ұсынылған. Жекелеген пәндерді тереңдетіп оқытатын мамандандырылған лицейлер мен гимназияларды қоса алғанда, оқу орындары білім алушылардың жоғары деңгейдегі даярлығын қамтамасыз етеді. Көптеген білім беру мекемелері заманауи материалдық-техникалық ресурстармен, атап айтқанда компьютерлік сыныптармен, зертханалармен және спорт кешендерімен жабдықталған, бұл білім алушылардың теориялық білімдерімен қатар практикалық дағдыларын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Қаланың медициналық инфрақұрылымы денсаулық сақтау мекемелерінің кең тармақталған желісін қамтиды, олардың қатарында емханалар, көпсалалы ауруханалар, жедел медициналық жәрдем станциялары, стоматологиялық клиникалар және мамандандырылған медициналық орталықтар бар. Денсаулық сақтау жүйесінде жоспарлы және шұғыл медициналық көмек көрсететін облыстық және қалалық ауруханалар негізгі рөл атқарады. Сонымен қатар, алғашқы медициналық-санитарлық көмек көрсететін мекемелер, оның ішінде балалар және әйелдер консультациялары жұмыс істейді, олар аурулардың алдын алу, диагностика және емдеуді қамтамасыз етеді, сондай-ақ ана мен баланы қорғау бойынша іс-шараларды жүзеге асырады (1-сурет).



1-сурет – Павлодар қаласының медициналық инфрақұрылымы

Павлодар қаласындағы әлеуметтік инфрақұрылымның соңғы үш жылдағы дамуын көрнекі көрсету үшін білім беру, медициналық, спорттық және демалыс объектілерін салу мен жаңғырту динамикасына назар аударамыз (2-сурет).



2-сурет – Павлодар қаласындағы әлеуметтік инфрақұрылымның дамуы динамикасы

Соңғы үш жылда Павлодар облысында әлеуметтік инфрақұрылым белсенді дамып келеді. 2023 жылы 73 әлеуметтік нысан ірі жөндеуден өтті, кем дегенде 54 мектеп жаңғыртылды, сондай-ақ ауылдық жерлерде поликлиникалар мен емдеу пункттерін қоса алғанда 30 медициналық мекеме салу басталды. 2024 жылы жұмыстар жалғасты: әлеуметтік нысандардың жөндеуіне және салуына шамамен 41,2 млрд теңге бөлінді, мектептер жаңғыртылды, жаңа білім беру мекемелері салынып жатыр, медициналық нысандар заманауи жабдықтармен қамтамасыз етілуде. 2025 жылға қарай өңір бағдарламалардың бір бөлігінің аяқталғанын растады: 58 әлеуметтік нысан жөнделді, 22 жаңа нысан салынды, 32 мектеп жаңартылған инфрақұрылыммен жұмыс істеп тұр, сондай-ақ шалғай аудандарда жаңа амбулаториялар мен медициналық орталықтардың құрылысы мен ашылуы жалғасуда, бұл тұрғындардың білім беру және медициналық қызметтерге қолжетімділігін едәуір арттырады және өңірдегі өмір сапасын жақсартады [5].

Әлеуметтік инфрақұрылым құрылымын толықтыра отырып, мәдени-демалыс мекемелерінің (мәдениет сарайлары, театрлар, кітапханалар), дене шынықтыру және спорт нысандарының (стадиондар, спорт кешендері, фитнес-орталықтар), сондай-ақ сауда және қызмет көрсету кәсіпорындарының дамыған желісінің бар екенін атап өткен жөн. Аталған элементтердің жиынтығы қаланың тұрақты әлеуметтік-экономикалық дамуының және халықтың әл-ауқат деңгейін арттырудың негізін қалыптастырады [4].

Қаланың сауда инфрақұрылымы супермаркеттерді, әртүрлі профильдегі дүкендерді, базарларды және тұрмыстық қызмет көрсету нысандарын қамтиды. Ол тұрғындарды азық-түлік өнімдерінен бастап тұрмыстық техникаға және күнделікті қажетті заттарға дейін қажетті тауарлармен қамтамасыз етеді. Сауда нүктелерінің дамыған желісі халыққа күнделікті қажеттіліктерін қанағаттандыруға, тауарларды ыңғайлы сатып алу жағдайларын жасауға және қалалық ортаның өмір сүруін қолдауға мүмкіндік береді (3-сурет).



3-сурет – Павлодар қаласының сауда және көлік инфрақұрылымы:
а – BatyrMoll, ә – «Jailau» базары, б – трамвай

Көлік инфрақұрылымы автокөлік жолдарын, қоғамдық көлік аялдамаларын, автобус маршруттарын, трамвайларды және басқа да жолаушылар қатынасы түрлерін қамтиды. Көлік желісі қала тұрғындарына мектептерге, медициналық мекемелерге, сауда және мәдени нысандарға жетуге мүмкіндік береді, сондай-ақ күнделікті қажеттіліктер үшін қала ішінде қозғалысты ұйымдастырады. Көлік жүйесінің тиімді жұмыс істеуі қалалық ортаны ұйымдастыруда және тұрғындардың өмір сүруін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

Демалыс және бос уақыт инфрақұрылымы саябақтар, скверлер, спорттық және ойын алаңдары, сондай-ақ мәдени және ойын-сауық мекемелерін қамтиды. Ол халықтың бос уақытын ұйымдастыруға және әртүрлі іс-шараларды өткізуге мүмкіндік береді. Бұл нысандарда физикалық белсенділікке арналған жаттығулар, ойындар, мәдени және ойын-сауық бағдарламаларын өткізу мүмкіндігі бар. Демалыс инфрақұрылымы қала бойынша таралған және тұрғындарға қолжетімді болып келеді, бұл әртүрлі жас және әлеуметтік топтар үшін іс-шараларды ұйымдастыруға мүмкіндік береді (4-сурет).



а ә б
4-сурет – Павлодар қаласының демалыс және бос уақыт инфрақұрылымы:

а – Ш. Айманов атындағы кинотеатр, ә – Ж. Аймауытов атындағы Қазақ музыкалық-драма театры, б – Павлодар қаласының Теңіз жағалауы

Жоғарыда аталған барлық деректер қалалардың инфрақұрылымын дамыту олардың эволюциясының ажырамас бөлігі екенін көрсетеді. Сол кезде көлік жүйесін жақсартуға, жасыл аймақтар құруға, тұрғын үй және әлеуметтік инфрақұрылымды жаңартуға бағытталған жобалар өмір сүру мен шығармашылық үшін ерекше кеңістік қалыптастырады. Қалаларды дамыту тек қазіргі тұрғындардың қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін ғана емес, сонымен қатар қалалардың инновациялар, әртүрлілік және жоғары сапалы өмір орталықтары ретінде гүлденетін тұрақты болашақтың негізін жасау үшін де маңызды [3; 4].

Осылайша, әлеуметтік инфрақұрылым қоғамның қалыпты жұмыс істеуі, ресурстарды бөлу және халықтың күнделікті қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін қажет объектілер мен қызметтер кешенін қалыптастырады. Ол өмірдің барлық негізгі салаларын қамтиды, білім алу, денсаулықты сақтау, демалыс ұйымдастыру, тауарлар мен қызметтерді алу үшін жағдай жасайды және қалалық және аймақтық ортаның құрамдас бөлігі болып табылады. Өз кезегінде, Павлодар қаласы осы әлеуметтік инфрақұрылым элементтерін қамти отырып, өз аумағында осы салалардың толыққанды жұмысын қамтамасыз етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Қалалардың қазіргі дамуында инфрақұрылымның рөлі / [Электрондық ресурс]. – URL: <https://niisf.org/biblio/glavnaya/rol-infrastruktury-v-sovremennom-razviti-gorodov> (қолданылған күні: 18.03.2026).

2 Қалалық инфрақұрылымды дамыту өмір сапасына қалай әсер етеді / [Электрондық ресурс]. – URL: <https://garadesud.md/kak->

[razviti-gorodskoj-infrastruktury-vliyaet-na-kachestvo-zhizni-zhitelej/](https://garadesud.md/kak-razviti-gorodskoj-infrastruktury-vliyaet-na-kachestvo-zhizni-zhitelej/) (қолданылған күні: 18.03.2026).

3 Қалаларды дамыту жобалары қала тұрғындарының өміріне қалай әсер етеді / [Электрондық ресурс]. – URL: <https://bauarenda.by/razviti-infrastruktury-gorodov-kak-proekty-vliyayut-na-zhizn-gorozhan> (қолданылған күні: 18.03.2026).

4 Қазақстан Республикасының статистика комитеті. Қазақстан өңірлерінің әлеуметтік-экономикалық дамуы. – Астана, 2023.

5 Павлодар облысында әлеуметтік нысандарды салуға 40 миллиардтан астам теңге жұмсалады [Электрондық ресурс]. – URL: https://pavon.kz/post/view/76573?utm_source=chatgpt.com (қол жеткізген күні: 19.03.2026).

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТОПОНИМОВ НА ПРИМЕРЕ ЖЕЛЕЗИНСКОГО РАЙОНА ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

МУХАМЕТКАЛИЕВ А. Т

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЕГИНБАЕВА А. Е.

PhD, ассоциированный профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В течение исторического развития на территории Казахстана сформировалась обширная система географических названий, отражающая природные, исторические и культурные особенности регионов. Особое значение в изучении топонимии приобретает анализ факторов, влияющих на формирование географических названий, среди которых важную роль играют природно-географические условия. Географические факторы, такие как рельеф, гидрографическая сеть, климатические условия и особенности растительного покрова, оказывают непосредственное влияние на формирование топонимов. Они находят отражение в названиях рек, озёр, урочищ и населённых пунктов, фиксируя характерные особенности природной среды. В этом контексте топонимы выступают как важный источник информации о географических условиях территории.

Железинский район Павлодарской области, расположенный в пределах степной зоны, характеризуется определёнными природно-географическими особенностями, которые нашли отражение в системе его географических названий. Анализ топонимов данного

района позволяет выявить взаимосвязь между природной средой и формированием топонимического пространства. Целью данной статьи является выявление и анализ географических факторов формирования топонимов Железинского района Павлодарской области.

Формирование топонимов во многом определяется влиянием природно-географических условий территории. Географические названия отражают особенности природной среды и являются своеобразным «отражением» ландшафта в языке. К основным географическим факторам формирования топонимов относятся рельеф, гидрографическая сеть, климатические условия и растительный покров.

Рельеф оказывает значительное влияние на формирование топонимов. Названия, связанные с формами земной поверхности, фиксируют особенности местности, такие как возвышенности, понижения, балки и равнины. Даже в условиях преимущественно равнинного рельефа, характерного для северных районов Казахстана, в топонимии могут отражаться локальные особенности микрорельефа.

Гидрографический фактор является одним из наиболее значимых. В условиях степной зоны наличие водных объектов имеет особое значение, что находит отражение в широком распространении гидронимов - названий рек, озёр и других водоёмов. В таких топонимах часто фиксируются характеристики воды, её свойства или особенности течения.

Климатические условия также влияют на формирование географических названий, хотя их воздействие носит более косвенный характер. Через особенности климата формируются ландшафты, которые затем находят отражение в топонимах.

Растительный покров является ещё одним важным фактором. Названия, связанные с растительностью, отражают типы растительного мира, характерные для данной территории, и могут указывать на наличие определённых видов растений.

Таким образом, географические факторы играют ключевую роль в формировании топонимов, отражая природные особенности территории и создавая основу для топонимической системы.

Железинский район расположен в северо-восточной части Павлодарской области, на правобережье реки Иртыш. Административным центром является село Железинка, находящееся на расстоянии около 188 км от областного центра - города Павлодара. Площадь района составляет 7610 км², что соответствует примерно 6,1 % территории области. Район был образован

в 1935 году и граничит с Омской и Новосибирской областями Российской Федерации, а также с соседними районами Павлодарской области.

Физико-географические условия территории оказывают значительное влияние на формирование топонимической системы района. Территория расположена в пределах Западно-Сибирской равнины, в зоне лесостепи и степи. В геоморфологическом отношении район включает участки Барабинской и Иртышской провинций. Рельеф преимущественно равнинный, с абсолютными высотами в пределах 100-200 м, однако характеризуется наличием микрорельефа - понижений, озёрных котловин, слабовыраженных возвышенностей и ложбин [1].

Особенности рельефа находят отражение в топонимии района. Названия, связанные с понижениями, впадинами, озёрными котловинами и возвышенностями, фиксируют локальные формы поверхности, что свидетельствует о тесной связи топонимов с геоморфологическими условиями территории.

Гидрографическая сеть также играет важную роль в формировании географических названий. Наличие реки Иртыш и многочисленных озёр обусловило широкое распространение гидронимов. В условиях степной зоны водные объекты имеют особое значение, что отражается в названиях, характеризующих свойства воды, размеры и особенности водоёмов.

Климат района характеризуется резко континентальными чертами: холодной продолжительной зимой и относительно коротким тёплым летом. Средняя температура января составляет -17...-19°C, а июля +19...+21°C. Годовое количество осадков варьирует в пределах 300-360 мм. Климатические условия, воздействуя на формирование ландшафтов, косвенно отражаются в топонимах, связанных с особенностями природной среды [2].

Растительный покров представлен сочетанием степных и лесостепных сообществ, включая берёзовые и берёзово-осиновые колки. Эти особенности также находят отражение в географических названиях, указывающих на характер растительности.

Существенное влияние на формирование топонимов Железинского района оказывает гидрографическая сеть территории. В отличие от речной сети, представленной в основном рекой Иртыш, озёрная система района развита значительно шире. Озёра вытянуты с северо-востока на юго-запад и приурочены к древним пониженным

участкам рельефа. Среди них выделяются такие водоёмы, как Айгыроткен, Акбас, Алаколь и другие [3].

Большинство озёр района относится к солёным водоёмам с осадочным типом формирования, тогда как пресные озёра встречаются значительно реже. В летний период в ряде озёр происходит образование солевых отложений, что непосредственно отразилось в их названиях. Так, топонимы Ащыколь, Туздыколь, а также Горькое отражают химические свойства воды и особенности природной среды. Подобные географические названия наглядно демонстрируют влияние гидрографического фактора на формирование топонимии.

Генетически озёра района относятся к группе котловинных водоёмов, образованных в понижениях рельефа. Их глубина, как правило, не превышает 2-3 м, а водный режим отличается нестабильностью, что также может находить отражение в системе географических названий.

Почвенно-растительные условия района также оказывают влияние на формирование топонимов. Территория расположена в зоне чернозёмов с содержанием гумуса 5-7 %, что обуславливает высокую продуктивность почв. Распространение берёзовых и берёзово-осиновых колков, а также степной растительности (ковыль, пырей, полынь) находит отражение в названиях, связанных с особенностями растительного покрова.

Кроме того, на формирование топонимии влияет наличие природных ресурсов. В районе имеются месторождения строительных материалов, включая гипс (месторождение Сор-Бие) и глинистое сырьё в окрестностях ряда населённых пунктов [4]. Наличие подобных ресурсов могло способствовать появлению географических названий, связанных с особенностями недр и хозяйственного освоения территории.

Таким образом, физико-географические условия Железинского района - рельеф, гидрография, климат и растительность - оказывают комплексное влияние на формирование топонимов, определяя их содержание и пространственное распределение.

В результате проведённого исследования установлено, что формирование топонимов Железинского района Павлодарской области в значительной степени обусловлено влиянием географических факторов. Рельеф, гидрографическая сеть, климатические условия, почвенно-растительный покров и

природные ресурсы выступают основой для возникновения и закрепления географических названий.

Анализ показал, что наибольшее влияние на топонимию района оказывает гидрографический фактор, что связано с важной ролью водных объектов в условиях степной зоны. Значительная часть топонимов отражает свойства водоёмов, особенности рельефа и характер растительности, что свидетельствует о тесной взаимосвязи между природной средой и географическими названиями. Выявлено, что топонимы выполняют не только номинативную функцию, но и являются важным источником информации о природных условиях и хозяйственном освоении территории. Они фиксируют особенности ландшафта и отражают взаимодействие человека с окружающей средой.

Таким образом, географические факторы играют ключевую роль в формировании топонимов Железинского района, определяя их содержание и структуру. Полученные результаты подтверждают необходимость дальнейшего изучения топонимии как важного элемента географического и культурного наследия региона.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Топографическая карта. КазССР. Павлодарская область. М-б 1:100000.- М. // ГУГК, МГОН, СССР 1962 -1991 – 126 с. [дата обращения: 15.03.2026]
- 2 Чупахин В.М. Физическая география Казахстана // Мектеп, 1968. – 260 с. [дата обращения: 15.03.2026]
- 3 Шаймерденов Н.Р. Водные ресурсы Павлодарской области // ТОО НПФ «ЭКО» 2002. – 132 с. [дата обращения: 15.03.2026]
- 4 С.И.Джаксыбаев. Минеральное сырьё Павлодарской области // ТОО НПФ «ЭКО» 2002. – 104 с. [дата обращения: 15.03.2026]

ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ В КАЗАХСТАНЕ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

ФЕДОТОВ Е. Д.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЕГИНБАЕВА А. Е.

PhD, ассоциированный профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В современных условиях глобализации мировой экономики и усиления международной конкуренции особое значение

приобретает повышение конкурентоспособности национальной и региональной экономики. Для Казахстана, экономика которого длительное время характеризовалась высокой зависимостью от сырьевого сектора, актуальной задачей является диверсификация производства и развитие высокотехнологичных отраслей.

Одним из эффективных инструментов повышения конкурентоспособности региональной экономики является кластерный подход, предполагающий формирование территориально сконцентрированных групп взаимосвязанных предприятий, научных организаций и инфраструктурных институтов. Взаимодействие участников кластера способствует развитию инновационной деятельности, повышению производительности труда и укреплению производственных связей между предприятиями.

В последние годы кластерная политика рассматривается как важное направление экономической стратегии многих государств. Использование кластерного подхода позволяет стимулировать инвестиционную активность, развивать инновационные технологии и формировать устойчивые производственные системы на региональном уровне.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью модернизации экономики Казахстана и перехода к инновационно-индустриальной модели развития. Формирование промышленных кластеров рассматривается как один из ключевых механизмов повышения эффективности региональной экономики и усиления её конкурентных преимуществ [1].

Целью данной статьи является анализ теоретических основ формирования промышленных кластеров и изучение международного опыта кластерного развития, который может быть использован при формировании региональной экономической политики Казахстана.

Для более глубокого понимания процессов кластерного развития необходимо уточнить понятийный аппарат исследования и рассмотреть существующие научные подходы к определению категории «кластер».

В научной литературе существует множество подходов к определению понятия «кластер». Так, по мнению М. Портера, кластер представляет собой группу географически соседствующих взаимосвязанных компаний, организаций, действующих в определенной сфере, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга.

В свою очередь, Д. Якобс рассматривает кластер, как географическое или пространственное объединение для совершения экономической деятельности; предполагает горизонтальные и вертикальные взаимосвязи, использование общей технологии, наличие «ядра», устойчивое сотрудничество.

По мнению С. Розенфельда кластер – это географически ограниченная совокупность подобных, связанных или дополнительных фирм с активными каналами для деловых сделок, инфраструктурой, трудовым рынком и услугами, которая может получить, как выгоду от общих возможностей, так и общие риски [2].

Таким образом, проведенный анализ научных определений показывает, что кластер рассматривается как территориально локализованная система взаимосвязанных предприятий, научных организаций и инфраструктурных институтов, взаимодействие которых направлено на повышение эффективности экономической деятельности и конкурентоспособности региональной экономики.

При этом для целостного представления процессов формирования и развития кластерных структур необходимо рассмотреть теоретические подходы, объясняющие закономерности пространственной концентрации производства, взаимодействия экономических субъектов и формирования устойчивых экономических связей.

Анализ научной литературы позволяет выделить несколько основных теоретических подходов к объяснению процессов формирования кластеров.

Первая группа подходов основывается на теориях пространственной концентрации производства. К ней относятся теория промышленных районов А. Маршалла, теория конкурентных преимуществ М. Портера, концепция региональных кластеров М. Энрайта, а также теория итальянских промышленных округов П. Бекаттини. Данные концепции подчеркивают значение географической близости предприятий, кооперационных связей и специализации производства.

Вторая группа представлена институциональными теориями, рассматривающими экономику как систему взаимодействующих институтов. В рамках данного подхода кластер трактуется как особая форма институциональной организации экономической деятельности, объединяющая предприятия, научные организации и государственные структуры.

Третья группа связана с эволюционными теориями экономического развития. Согласно данному подходу, кластер рассматривается как динамическая система, проходящая определенные стадии жизненного цикла – от формирования и роста до зрелости и возможной трансформации [3].

Таким образом, рассмотренные теоретические подходы позволяют выявить основные закономерности формирования и развития кластерных структур, а также определить роль пространственной концентрации производства, кооперационных связей и институциональной среды в их функционировании.

Для комплексного изучения особенностей кластерного развития необходимо рассмотреть внутреннюю организацию кластеров и основные элементы взаимодействия экономических субъектов. В этой связи целесообразно проанализировать структуру промышленного кластера и определить ключевых участников и характер их взаимосвязей.

Структура промышленного кластера представляет собой систему взаимосвязанных участников, объединённых производственными, технологическими и институциональными связями. В центре кластера, как правило, находятся предприятия ключевой отрасли, которые формируют его производственное ядро. Вокруг них функционируют предприятия-поставщики сырья и комплектующих, сервисные компании, а также организации, обеспечивающие логистическую и финансовую поддержку.

Важную роль в функционировании кластеров играют научно-исследовательские институты и образовательные учреждения, которые обеспечивают разработку инноваций и подготовку квалифицированных кадров. Кроме того, существенное значение имеют органы государственной власти, создающие институциональные условия для развития кластеров, а также инфраструктурные организации, обеспечивающие транспортное, информационное и финансовое обслуживание участников кластерной системы.

На рисунке 1 представлена структура промышленного кластера.



Рисунок 1 – Структура промышленного кластера

Таким образом, структура промышленного кластера включает совокупность взаимосвязанных предприятий, научно-образовательных организаций и инфраструктурных институтов, взаимодействие которых формирует устойчивую систему экономических связей и обеспечивает эффективное функционирование кластерной системы.

Формирование промышленных кластеров обусловлено воздействием различных экономических и институциональных условий. В научной литературе выделяется несколько групп факторов, определяющих возможность возникновения и успешного развития кластерных структур. К числу наиболее значимых относятся экономические, инновационные, инфраструктурные, институциональные и социальные факторы, которые в совокупности формируют благоприятную среду для развития кластерной экономики.

На основе анализа научной литературы можно выделить основные факторы формирования промышленных кластеров, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Основные факторы формирования промышленных кластеров

Группа факторов	Содержание
Экономические	концентрация предприятий одной отрасли, наличие производственных связей, инвестиционная активность

Инновационные	научно-исследовательские институты, университеты, технологические разработки
Инфраструктурные	транспортная, логистическая, энергетическая и цифровая инфраструктура
Институциональные	государственная поддержка, законодательная база, программы развития кластеров
Социальные	квалифицированные трудовые ресурсы, образовательные центры

Представленные факторы взаимосвязаны и в совокупности формируют основу для развития кластерных структур. Наличие указанных факторов во многом определяет успешность формирования кластерных структур в различных странах. В ряде зарубежных государств сформировались устойчивые кластерные структуры в различных секторах экономики, которые успешно функционируют и демонстрируют высокую эффективность как для отдельных предприятий, так и для развития регионов и национальной экономики в целом. Опыт этих стран показывает, что кластерная модель способствует развитию кооперационных связей, инновационной деятельности и укреплению экономического потенциала регионов.

Изучение научных работ зарубежных исследователей свидетельствует о значительной роли государственных институтов, научно-исследовательских организаций и образовательных учреждений в процессе формирования и реализации кластерной стратегии. Проведённый анализ также позволил выявить основные отраслевые направления, в рамках которых наиболее активно развивается кластеризация экономики в зарубежных странах.

В таблице 2 представлены основные отраслевые направления кластеров в различных странах мира.

Таблица 2 – Основные отраслевые направления промышленных кластеров в зарубежных странах [4]

Отраслевые направления	Страны
Агропроизводство и пищевое производство	Финляндия, Бельгия, Франция, Италия, Нидерланды, Германия, Болгария, Венгрия

Нефтегазовый комплекс и химия	Швейцария, Германия, Бельгия, США
Лесобумажный комплекс	Финляндия, Норвегия
Легкая промышленность	Швейцария, Австрия, Италия, Швеция, Дания, Финляндия, Китай
Энергетика	Норвегия, Швеция, Финляндия
Машиностроение, электроника	Италия, Германия, Норвегия, Ирландия, Швейцария
Биотехнологии и биоресурсы	Нидерланды, Австрия, Германия, Великобритания, Норвегия

Анализ основных отраслевых направлений формирования кластеров в зарубежных странах позволяет сделать следующие выводы:

- кластеризация наиболее активно развивается в высокотехнологичных и наукоемких отраслях экономики, таких как информационные технологии, электроника, машиностроение и биотехнологии;
- формирование кластеров тесно связано с наличием научно-образовательных центров, которые обеспечивают подготовку квалифицированных кадров и развитие инноваций;
- государственная поддержка играет важную роль в развитии кластеров, включая создание благоприятной институциональной среды, развитие инфраструктуры и стимулирование инвестиционной активности;
- кластеры способствуют повышению эффективности взаимодействия предприятий, формированию устойчивых производственных связей и развитию кооперации между компаниями;
- развитие кластерных структур оказывает положительное влияние на социально-экономическое развитие регионов, способствуя росту занятости, увеличению инвестиций и повышению конкурентоспособности экономики.

В мировой практике существует множество примеров успешного развития промышленных кластеров. В развитых странах кластеры являются важным элементом экономической политики и инновационного развития. Наиболее известными примерами кластеров являются: технологический кластер Кремниевой долины

в США, автомобильный кластер в Германии, машиностроительный кластер в Японии и другие.

Международный опыт показывает, что эффективное развитие кластеров обеспечивается сочетанием нескольких факторов: развитой инфраструктуры, государственной поддержки, взаимодействия бизнеса и науки, концентрации квалифицированных трудовых ресурсов.

В Казахстане при разработке кластерной политики учитывается международный опыт и особенности национальной экономики. Исследования показывают, что внедрение кластерного подхода способствует повышению конкурентоспособности регионов и развитию инновационных отраслей [5].

Особое значение развитие кластерного подхода имеет для экономики Казахстана, характеризующейся значительным природно-ресурсным потенциалом и наличием крупных индустриальных регионов.

В рамках государственной политики индустриально-инновационного развития предпринимаются меры по формированию отраслевых и региональных кластеров, направленных на повышение уровня переработки сырья и развитие производств с высокой добавленной стоимостью. Наиболее перспективными направлениями кластерного развития в Казахстане являются нефтегазохимический кластер в западных регионах страны, металлургический кластер в Карагандинской области, машиностроительный кластер в северных регионах, а также агропромышленные кластеры в сельскохозяйственных областях.

Развитие таких кластеров способствует модернизации промышленности, укреплению производственных связей между предприятиями и повышению конкурентоспособности национальной экономики.

Таким образом, кластерный подход выступает важным механизмом повышения конкурентоспособности региональной экономики и развития промышленного потенциала территорий. Формирование промышленных кластеров способствует развитию инновационной деятельности, укреплению кооперационных связей между предприятиями и повышению эффективности использования экономических ресурсов.

Проведённый анализ теоретических подходов и международного опыта показывает, что успешное развитие кластеров определяется совокупностью факторов, среди которых особое значение имеют наличие научно-образовательной базы,

развитой инфраструктуры, благоприятной институциональной среды и активная государственная поддержка.

Для Казахстана развитие промышленных кластеров представляет собой важное направление модернизации экономики и диверсификации промышленного производства. Использование международного опыта и формирование эффективной кластерной политики могут способствовать укреплению промышленного потенциала страны и обеспечению устойчивого экономического роста.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кластерная политика в Казахстане: современное состояние, перспективы / [Электронный ресурс] // qazindustry.gov.kz.: [сайт]. — URL: <https://qazindustry.gov.kz/uploads/article/2606-klaster-naya-politika-v-kazakhstan-e-sovremennoe-sostoyanie-perspektivy> [дата обращения: 10.03.2026].

2 Березовский Д. С. Промышленные кластеры: определение, сущность и особенности формирования // Вестник МГУП. 2012. №2. С. 20–32.

3 Солиев А. Сущность и понятие кластера промышленных предприятий в контексте устойчивости развития // Экономика и социум. 2021. №1-2 (80).

4 Ксенофонтова О. Л. Опыт зарубежных стран по созданию и функционированию кластеров: модельный подход // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2015. №2 (42).

5 Досмаганбетов, Н., Альшанская, А., & Жакупов, Е. (2025). Видение развития территориальных кластеров в регионах Казахстана: отечественный и зарубежный опыт. Scientific Journal of Pedagogy and Economics, 415(3), 408–425.

Секция 24
Туризм ел дамуындағы перспективалық
салалардың бірі ретінде
Туризм как одна из перспективных отраслей
в развитии страны

EVALUATION OF KAZAKHSTAN'S TOURISM PRODUCT
MARKETING STRATEGY IN THE GLOBAL MARKET

KUTAY O.
 visiting professor, Toraighyrov university, Pavlodar
 MANAP D. E.
 master's student, Toraighyrov university, Pavlodar

In today's global tourism environment, countries strive to take a competitive position in the global tourism market by developing and promoting their tourism products. This paper is devoted to the assessment of the marketing strategy for promoting the tourism product of the Republic of Kazakhstan on the global market. The purpose of the study is to analyze existing marketing tools, image positioning, and the country's brand as a tourist destination, identify strengths and weaknesses, and develop recommendations to enhance the competitiveness of Kazakhstan's tourism product. Methodologically, the study is based on an analysis of secondary sources, a comparative approach to international practices, as well as elements of a SWOT analysis of Kazakhstan's marketing strategy. As a result of the work, it is expected to identify the key factors limiting the international attractiveness of the Kazakh tourism product, and proposals for adjusting the marketing strategy with an emphasis on entering global markets.

Tourism in the 21st century is becoming one of the leading sectors of the global economy, playing an important role in shaping GDP, creating jobs and promoting the country's image on the international stage. According to the World Tourism Organization (UNWTO, 2023) [1], the contribution of tourism to global GDP is about 9.2%, and the number of international tourist arrivals has exceeded 1.3 billion people. In the context of the post-pandemic recovery of the industry and the rapid growth of digitalization, the marketing of tourist destinations is of particular importance, determining the competitiveness of countries in the global market.

For Kazakhstan, the development of tourism is one of the priorities of state policy, as set out in the programs "Kazakhstan 2050", the National Project "Tourism industriesyn damuy" (2021-2025) [2] and other strategic documents. Kazakhstan has a unique natural and cultural potential: diverse landscapes (from the Altai Mountains to the Caspian coast), rich historical heritage, ethnocultural traditions and geographical location between Europe and Asia create prerequisites for the formation of a competitive tourism product.

However, despite its high resource potential, Kazakhstan still holds a modest position in the global tourism market. According to the Travel and Tourism Competitiveness Index (WTTC, 2024) [3], the country remains in the fourth ten global destinations, behind not only developed, but also neighboring Central Asian countries. This indicates the existence of strategic marketing problems, in particular, insufficient brand awareness, fragmented communications and weak integration into global tourism networks.

Thus, the assessment and improvement of the marketing strategy of Kazakhstan's tourism product is becoming an urgent scientific and practical task aimed at strengthening the country's image and increasing its attractiveness to international tourists.

Tourism marketing has evolved into a strategic tool for enhancing the competitiveness of destinations in the global marketplace. According to Kotler, Bowen, and Makens (2017) [4], effective tourism marketing involves not only the promotion of products and services but also the creation of value through experiences and emotional engagement. Buhalis (2000) [5] emphasizes that destination marketing focuses on building long-term relationships with tourists, stakeholders, and communities by developing a consistent and attractive image of a place. Similarly, Pike (2016) [6] and Morrison (2013) [7] argue that marketing strategies for destinations must integrate branding, communication, and innovation to maintain competitiveness in a dynamic global environment.

A crucial element of destination marketing is nation branding. The development of a recognizable and positive image of a country. Anholt (2010) defines nation branding as the strategic management of a country's identity and reputation. For emerging destinations, strong branding helps to overcome stereotypes and improve international visibility. Ritchie and Crouch (2010) [8] also note that competitiveness in tourism depends on factors such as destination management, resource utilization, and market-oriented policies.

In the context of Kazakhstan, scholars highlight both the potential and the weaknesses of the national tourism marketing strategy. Smykova (2019) [9] explores the development of Kazakhstan's tourism brand, identifying nature and cultural heritage as core elements of its identity. However, she notes the lack of a unified branding message and limited global awareness. Tleuberdinova and Turganbayeva (2021) [10] analyze the image of Kazakhstan as a tourist destination, concluding that foreign audiences often perceive it as an unknown or transitional destination rather than a leisure-oriented country.

Baimbetova et al. (2022) [11] stress the insufficient application of digital marketing tools and the need to improve coordination between national and regional tourism stakeholders. Similarly, Zhansugurov (2021) [12] points out that Kazakhstan's tourism marketing remains largely administrative, lacking innovative approaches and private-sector participation. According to Nasyrkhanov and Iskakov (2022) [13], the integration of investment and marketing policies is necessary to enhance the global competitiveness of Kazakhstan's tourism sector.

At the global level, Buhalis and Law (2008) [14] and the World Tourism Organization (UNWTO, 2023) [1] underline the importance of digital transformation and online communication for destination marketing. In particular, social media, user-generated content, and influencer marketing have become decisive tools in shaping destination images and influencing travel behavior.

In summary, the existing literature demonstrates that while Kazakhstan possesses significant tourism potential, its marketing strategy remains fragmented and underdeveloped compared to successful international examples. There is a clear research gap in evaluating how current marketing efforts align with global best practices and how Kazakhstan can reposition itself as a competitive tourism destination. This gap forms the basis for the present study.

This research presents the methodological framework used to evaluate Kazakhstan's tourism product marketing strategy in the global market. The research adopts a mixed-methods approach, combining quantitative survey data with qualitative expert insights and strategic analytical tools, particularly SWOT analysis, to assess the strengths, weaknesses, opportunities, and threats influencing Kazakhstan's tourism marketing performance. The integration of empirical and analytical methods ensures triangulation, reliability, and comprehensive evaluation of the marketing strategy under study.

The study is grounded in the post-positivist paradigm, which assumes that social phenomena including tourism perception and

destination competitiveness can be measured, but require contextual interpretation. This paradigm allows the combination of numerical data (tourist perceptions) and interpretative insights (expert opinions, strategic assessments).

SWOT analysis was selected as the primary analytical tool due to its suitability in:

- identifying internal marketing capabilities,
- assessing external global tourism trends,
- integrating qualitative and quantitative data,
- supporting strategic decision-making.

SWOT was performed using:

- survey insights (tourist perceptions),
- expert evaluations (industry insights),
- desk research on global tourism trends,
- benchmarking against regional competitors (Uzbekistan, Georgia, Kyrgyzstan).

Table 1 – SWOT Matrix

Strengths	Weaknesses
Rich natural diversity (mountains, steppes, lakes). Emerging adventure tourism potential, diverse natural landscapes for adventure tourism. Improved tourism infrastructure in major cities. Cultural authenticity & Silk Road heritage.	Limited global brand recognition, low global awareness. Insufficient digital marketing integration. Underdeveloped hospitality service standards. Low frequency of international flights. Fragmented brand identity. Limited international marketing budget.
Opportunities	Threats
Growth in global demand for eco-tourism and adventure travel. Expansion into Asian markets (China, Korea, Japan). Development of cross-border tourism routes. International digital platforms (TripAdvisor, Expedia) for promotion. Partnerships with influencers and digital platforms.	Strong competition from Central Asian destinations (Uzbekistan, Georgia, and Kyrgyzstan). Global economic instability is affecting long-haul travel. Economic volatility and currency fluctuations. Regional political sensitivities. Climate-related seasonality challenges.

The SWOT analysis provides a systematic evaluation of Kazakhstan's tourism product marketing strategy, revealing both internal and external factors that influence its performance in the global market.

Kazakhstan possesses a rich natural and cultural heritage, including mountains, steppes, lakes, and historical Silk Road sites. The country has developed adventure and eco-tourism products, and digital content for marketing is improving. Investments in infrastructure, particularly in major cities and transport, further support the country's tourism development.

Despite these strengths, the global brand of Kazakhstan remains fragmented, with inconsistent messaging and low recognition in international markets. Digital marketing and social media engagement are limited, regional coordination is suboptimal, and hospitality service standards vary across regions.

Global trends favor unexplored and authentic destinations, presenting Kazakhstan with the chance to attract adventure, eco, and cultural tourists. Expanding digital campaigns, leveraging international social media platforms, and forming partnerships with global tour operators could significantly increase global visibility and competitiveness.

Kazakhstan faces strong competition from regional destinations such as Uzbekistan, Georgia, and Kyrgyzstan, which have more established global branding and simpler visa regimes. Geopolitical tensions, climate-related seasonality, and global economic fluctuations also pose risks to sustained tourist inflows.

The SWOT analysis indicates that Kazakhstan has a strong foundation for developing a globally competitive tourism brand, but strategic interventions are necessary to address weaknesses and mitigate threats. By capitalizing on opportunities through a unified branding approach, enhanced digital marketing, diversified tourism products, and improved institutional coordination, Kazakhstan can significantly strengthen its position as a leading tourism destination in Central Asia.

The findings suggest that Kazakhstan has the foundational assets necessary to compete globally but must strategically leverage its strengths and address weaknesses. Digital marketing, brand consolidation, and diversified tourism products are critical levers. Institutional reforms and international collaborations can further enhance global visibility and competitiveness.

Kazakhstan possesses unique tourism assets and an emerging global presence but faces challenges in branding, digital engagement, and institutional alignment. By implementing a cohesive marketing strategy

that integrates unified branding, enhanced digital campaigns, diversified tourism products, and strengthened governance, Kazakhstan can significantly improve its competitiveness in the global tourism market.

In conclusion, the findings and recommendations of this research provide a roadmap for transforming Kazakhstan's tourism marketing strategy into a globally competitive and sustainable framework, ensuring long-term growth, enhanced international visibility, and stronger positioning in the competitive global tourism industry.

REFERENCES

- 1 UNWTO. (2023). World Tourism Barometer 2023. Madrid: United Nations World Tourism Organization.
- 2 Об утверждении Государственной программы развития туристской отрасли Республики Казахстан на 2019-2025 годы. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1900000360>
- 3 WTTC. (2024). Travel & Tourism Economic Impact 2024 – Kazakhstan Report. London: World Travel and Tourism Council.
- 4 Kotler, P., Bowen, J., & Makens, J. (2017). Marketing for Hospitality and Tourism (7th ed.). Pearson.
- 5 Buhalis, D. (2000). Marketing the Competitive Destination of the Future. *Tourism Management*, 21(1), 97–116.
- 6 Pike, S. (2016). *Destination Marketing: Essentials*. Routledge.
- 7 Morrison, A. M. (2013). *Marketing and Managing Tourism Destinations*. Routledge.
- 8 Ritchie, J. R. B., & Crouch, G. I. (2010). *The Competitive Destination: A Sustainable Tourism Perspective*. CABI.
- 9 Smykova, M. (2019). Development of the Tourism Brand of Kazakhstan. *JEECAR*, 6(2), 123–134.
- 10 Tleuberdinova, A. T., & Turganbayeva, G. (2021). Image of Kazakhstan as a Tourist Destination. *Bulletin of Buketov Karaganda University*.
- 11 Baimbetova, A., Kydyrbayeva, A., & Abdrakhmanova, G. (2022). Promotion of Tourism Services in the Republic of Kazakhstan. *Bulletin of L.N. Gumilyov ENU*.
- 11 Zhansugurov, A. T. (2021). Problems of Marketing in the Tourism Industry of Kazakhstan. *KazNU Bulletin, Economics Series*.
- 12 Nasyrkhanov, A., & Iskakov, B. (2020). Investment policy in the tourism sector of Kazakhstan. *Bulletin of the Karaganda University Economy Series*, 99(3), 85–91. <https://doi.org/10.31489/2020ec3/85-91>

13 Buhalis, D., & Law, R. (2008). Progress in Information Technology and Tourism Management. *Tourism Management*, 29(4), 609–623.

**ИНДУСТРИЯ ГОСТЕПРИИМСТВА
В СТРАНАХ УЗБЕКИСТАН И КЫРГЫЗСТАН:
ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ
В КАЗАХСТАНЕ**

МУФАСАЛОВА А.А.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
КУТАЙ О.

PhD, visiting professor, Торайгыров университет, г. Кастамону

В статье рассматривается опыт развития индустрии гостеприимства в странах ближнего зарубежья – Узбекистане и Кыргызстане – с целью выявления эффективных практик, применимых для повышения конкурентоспособности туристской отрасли Казахстана. Проведен сравнительный анализ ключевых факторов успеха и барьеров, влияющих на развитие сферы гостеприимства, включая государственную политику, инвестиционные механизмы, цифровизацию и трансграничное сотрудничество. Особое внимание уделено исследованию взаимосвязи между национальными стратегиями устойчивого туризма и региональными инициативами в рамках Великого шелкового пути. На основе анализа статистических данных и научных публикаций предложены рекомендации по адаптации успешных инструментов управления, маркетинга и цифровых технологий в условиях Казахстана. Результаты исследования могут быть использованы в разработке стратегий развития туризма и гостеприимства, направленных на повышение привлекательности Казахстана как международного туристического направления.

Современная индустрия гостеприимства является одним из ключевых факторов социально-экономического развития, способствующим росту занятости, повышению уровня жизни населения и формированию позитивного имиджа страны на международной арене [1]. Для Казахстана, обладающего богатым культурно-историческим наследием и уникальным географическим положением на маршрутах Великого шелкового пути, развитие индустрии гостеприимства приобретает особую стратегическую

значимость [2]. Однако, несмотря на наличие значительного потенциала, данная отрасль в Казахстане сталкивается с рядом системных проблем – ограниченной инфраструктурой, недостаточной цифровизацией и слабой интеграцией в международные туристические сети [3].

В то же время, страны ближнего зарубежья, такие как Узбекистан и Кыргызстан, демонстрируют устойчивые темпы роста туристского потока, реализуя собственные модели развития индустрии гостеприимства. В Узбекистане активное государственное стимулирование туризма, модернизация гостиничной инфраструктуры и внедрение цифровых технологий создают благоприятные условия для привлечения иностранных туристов [4; 5]. Кыргызстан, в свою очередь, делает ставку на развитие экотуризма, гостевых домов и трансграничного сотрудничества, что способствует формированию устойчивой модели туристской деятельности в условиях ограниченных ресурсов [6; 7].

Опыт этих стран показывает, что успех развития индустрии гостеприимства определяется комплексом факторов – эффективной государственной политикой, диверсификацией туристских услуг, подготовкой кадров и внедрением инновационных технологий [8,9]. Как отмечают казахстанские исследователи, использование международного опыта и адаптация зарубежных практик с учетом национальных особенностей может стать важным инструментом повышения конкурентоспособности отечественного туризма [10,3].

Таким образом, целью данного исследования является изучение опыта Узбекистана и Кыргызстана в развитии индустрии гостеприимства и определение возможностей его применения для совершенствования туристской отрасли Казахстана. Решение поставленных задач позволит выработать практические рекомендации по адаптации эффективных моделей управления, маркетинга и цифровизации, направленных на повышение привлекательности Казахстана как международного туристического направления.

Современная индустрия гостеприимства представляет собой один из наиболее динамично развивающихся секторов мировой экономики, оказывающий существенное влияние на занятость, инвестиции и развитие региональной инфраструктуры. Согласно данным Всемирной туристской организации, в 2023 году глобальный туристский поток достиг 88% от уровня 2019 года, что свидетельствует о восстановлении отрасли после пандемии COVID-19 и росте межрегиональных связей [11].

Индустрия гостеприимства включает гостиничные, ресторанные, туристические и сопутствующие услуги, формируя значимую часть сектора услуг и тесно взаимодействуя с транспортом, культурой и сферой развлечений.

Глобальное состояние отрасли характеризуется высокой степенью цифровизации и изменением моделей потребления. Всемирный совет по туризму и путешествиям отмечает, что уже более 70 % туристов используют онлайн-платформы для бронирования и выбора маршрутов, а внедрение технологий искусственного интеллекта и аналитики больших данных становится стандартом конкурентоспособности гостиничных сетей [12]. Кроме того, устойчивое развитие становится ключевым направлением: по данным Программы развития ООН, более 60 % международных гостиничных брендов включили цели устойчивого развития (ЦУР) в корпоративные стратегии, акцентируя внимание на энергоэффективности, сокращении отходов и социальной ответственности [13].

Международные тенденции в сфере гостеприимства также связаны с диверсификацией туристических потоков. Рост внутреннего и регионального туризма усиливает значение культурного и этнографического туризма, что особенно актуально для стран Центральной Азии, обладающих богатым историческим наследием и потенциалом для интеграции в мировую туристическую экономику. Аналитический обзор Азиатского банка развития подчеркивает, что страны Центральной Азии демонстрируют высокий потенциал в развитии трансграничных туристических маршрутов, требующих согласованных стандартов обслуживания и инвестиций в инфраструктуру гостеприимства [14].

Таким образом, глобальное состояние индустрии гостеприимства характеризуется не только восстановлением после кризисов, но и структурным переходом к устойчивым, цифровым и инклюзивным моделям развития. Для Казахстана, стремящегося применить успешный опыт Узбекистана и Кыргызстана, важно учитывать эти международные тенденции и адаптировать их к национальным условиям, опираясь на глобальные стандарты и региональные особенности.

Современные исследования индустрии гостеприимства отражают широкий спектр подходов к оценке её эффективности, роли в экономике и особенностей трансформации в постпандемийный период. Как отмечают Ivanković, Janković и Peršić [1], ключевым

фактором устойчивого развития отрасли является внедрение системы показателей результативности, которая позволяет оценивать не только финансовые, но и социально-экологические аспекты деятельности предприятий гостиничного и туристического сектора.

Исследования, посвящённые развитию индустрии гостеприимства в Казахстане, акцентируют внимание на необходимости адаптации международных стандартов обслуживания и модернизации инфраструктуры. Алексеенко, Языкбаева и Хушти [8] подчёркивают важность использования зарубежного опыта управления гостиничным бизнесом, особенно в сфере повышения качества сервиса и подготовки кадров.

По данным Кайназаровой и Баймагамбетовой [10], в постковидный период наблюдается постепенное восстановление туристского потока, однако развитие отрасли ограничивается слабой цифровизацией и недостаточной интеграцией в международные туристские сети. Исследование Beissembayeva, Mukatayeva и Urazakova [15] раскрывает проблемы цифровизации туристического рынка Казахстана, отмечая низкий уровень использования онлайн-платформ и сервисов бронирования, что снижает конкурентоспособность страны на региональном уровне.

Shevyakova и соавт. [3] рассматривают трансформацию экономики Казахстана в сторону туризма, подчеркивая его роль как драйвера диверсификации национальной экономики. Есенов и коллеги [2] связывают перспективы развития туризма с возрождением маршрутов Великого шелкового пути, где Казахстан может стать ключевым транзитным центром.

Кыргызстан представлен в литературе как страна с выраженным потенциалом для развития экотуризма и трансграничных форм сотрудничества. Согласно Акбаги соавт. [6], ключевым преимуществом Кыргызстана является активное развитие приграничного туризма в сотрудничестве с Казахстаном и Узбекистаном. Исследование показывает, что совместные туристические маршруты и межгосударственные проекты способствуют повышению привлекательности региона и формированию единого туристского пространства Центральной Азии.

Официальные данные статистического комитета Кыргызской Республики [16] свидетельствуют о росте числа иностранных туристов и расширении гостиничного сектора, особенно в регионах с высокой рекреационной привлекательностью. Однако,

как отмечают исследователи, сохраняются вызовы, связанные с инфраструктурным обеспечением и качеством обслуживания.

В Узбекистане индустрия гостеприимства развивается наиболее динамично среди стран Центральной Азии. По данным Jasmina S. [4], государство активно реализует программы по стимулированию инвестиций в туристическую инфраструктуру, внедряет цифровые технологии и повышает стандарты сервиса. Niyofov [5] подчеркивает решающую роль туризма в экономике страны, отмечая, что его вклад в ВВП стабильно растёт благодаря либерализации визового режима и модернизации гостиничного сектора.

Абидова и Жураева [9] рассматривают региональные туристические ресурсы как основу для устойчивого развития индустрии гостеприимства, акцентируя внимание на необходимости профессиональной подготовки кадров и развитии локальных инициатив. В совокупности исследования подтверждают, что Узбекистан успешно формирует модель государственно-частного партнёрства в туристской сфере, ориентированную на долгосрочное развитие и экспорт услуг.

Таким образом, анализ литературы позволяет сделать вывод, что опыт Узбекистана и Кыргызстана характеризуется активной государственной поддержкой, развитием цифровых технологий и формированием межгосударственных туристских маршрутов. Для Казахстана адаптация этих практик может стать основой для повышения эффективности управления туристской отраслью и усиления её международной конкурентоспособности.

Данное исследование основано на количественном методе анализа. Такой подход позволяет по имеющимся данным исследовать развитие индустрии гостеприимства в Узбекистане и Кыргызстане и определить возможности использования их опыта в Казахстане.

Количественный метод исследования направлен на анализ статистических данных о состоянии и динамике туристской отрасли, взятых из официальных источников – национальных статистических комитетов (stat.gov.uz, stat.gov.kg, stat.gov.kz) и международных организаций (UNWTO, WTTC, ADB).

Исследование носит сравнительный характер, поскольку сопоставляет практики, модели и факторы успеха индустрии гостеприимства Казахстана, Узбекистана и Кыргызстана, определяя возможности их адаптации к казахстанским условиям. Дизайн основан на принципах регионального сравнительного анализа и устойчивого туризма [2; 16; 17].

Для анализа использовалась целенаправленная выборка данных, включающая следующие категории:

– Международные источники: отчёты Всемирной туристской организации (UNWTO, 2024 [11]), Всемирного совета по туризму и путешествиям (WTTC, 2023 [12]), Программы развития ООН (UNDP, 2023 [13]) и Азиатского банка развития (ADB, 2022 [14]).

– Национальные источники: статистические данные комитетов по статистике Узбекистана, Кыргызстана и Казахстана [15, 7, 16].

Такой выбор источников обеспечивает репрезентативность данных и позволяет рассмотреть индустрию гостеприимства в трёх измерениях: институциональном, экономическом и технологическом.

В качестве метода сбора данных использовался документальный анализ – изучение официальных отчётов, государственных программ и стратегий, определяющих направления развития туризма и гостеприимства в исследуемых странах.

Таким образом, предложенная методология обеспечивает комплексный, достоверный и сопоставимый анализ индустрии гостеприимства, а также создаёт основу для разработки практических рекомендаций в области туристской политики Казахстана.

Анализ развития индустрии гостеприимства в Казахстане, Узбекистане и Кыргызстане за 2019 и 2023 гг. показывает разнонаправленные тенденции, обусловленные особенностями экономической структуры, государственной политики и уровня туристической инфраструктуры. В период после пандемии COVID-19 в 2023 году восстановление туристского сектора происходило неравномерно: наибольшие темпы роста показал Узбекистан, активизировавший внутренний и въездной туризм за счёт либерализации визового режима и цифровизации сервисов. Кыргызстан стабильно развивает экотуризм и приграничное сотрудничество, тогда как Казахстан, несмотря на высокий экономический потенциал, сталкивается с низкой долей туризма в ВВП и ограниченной инфраструктурой вне крупных городов. Данные для сравнения отображены в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная таблица показателей индустрии гостеприимства по странам Казахстан, Узбекистан, Кыргызстан (2019 и 2023 гг.)

Показатель	Казахстан (2019)	Казахстан (2023)	Узбекистан (2019)	Узбекистан (2023)	Кыргызстан (2019)	Кыргызстан (2023)
Население, млн чел.	18,6	19,8	33,0	35,5	6,5	6,8
ВВП, млрд долл. США	181	227	60	85	8,5	10,6
Вклад туризма в ВВП, %	3,3	2,7	3,0	3,5	5,1	5,0
Количество туристских прибытий, млн чел.	8,8	6,2	6,7	8,3	4,5	5,0
Средние траты туристов, долл. США	650	710	450	500	350	370
Гостиницы и объекты размещения, ед.	3500	4100	1300	1900	900	1100

Анализируя данные табл.1, можно сделать выводы, что все три страны демонстрируют рост населения, что способствует развитию внутреннего туризма. Казахстан остаётся крупнейшей экономикой региона, обеспечивая более 60 % совокупного ВВП Центральной Азии. Однако доля туризма в экономике страны снизилась с 3,3 % до 2,7 %, что указывает на медленное восстановление после пандемии и недостаточную диверсификацию туристских услуг.

В то же время Узбекистан увеличил вклад туризма в ВВП с 3,0 % до 3,5 %, что объясняется эффективной государственной политикой — созданием Министерства туризма и культурного наследия, реализацией программы “Uzbekistan – Safe Travel Guaranteed” и внедрением электронных виз.

Кыргызстан сохраняет самую высокую долю туризма в ВВП (около 5 %), что обусловлено преобладанием малого бизнеса и природно-рекреационной направленностью сектора.

До пандемии Казахстан был лидером по числу прибытий, однако к 2023 году этот показатель снизился до 6,2 млн чел., что составляет лишь 70 % уровня 2019 года. Узбекистан, напротив, показал рост до 8,3 млн туристов, что связано с упрощением визового режима и расширением авиасообщения.

Кыргызстан сохранил стабильную динамику с 4,5 до 5 млн туристов, делая акцент на внутреннем и приграничном туризме (в т. ч. из Казахстана).

Средние траты иностранных туристов в Казахстане выше (около 710 долл.), чем в соседних странах, что объясняется преобладанием деловых поездок и более высокой стоимостью размещения.

В Узбекистане и Кыргызстане средние траты составляют 500 и 370 долл. соответственно, что указывает на их ориентацию на массовый и бюджетный туризм.

Число гостиниц и объектов размещения за анализируемый период с 2019 по 2023 годы выросло во всех трёх странах: Казахстан – с 3500 до 4100 (+17 %); Узбекистан – с 1300 до 1900 (+46 %); Кыргызстан – с 900 до 1100 (+22 %).

Наиболее динамичное развитие отмечается в Узбекистане, где активно реализуются инвестиционные проекты в сфере гостеприимства, в том числе с привлечением международных брендов (Hilton, Hyatt Regency, Radisson и др.).

Полученные данные свидетельствуют о том, что: Узбекистан демонстрирует лидерство по темпам восстановления туристской отрасли за счёт системной государственной поддержки, инвестиций и цифровизации услуг; Кыргызстан использует устойчивую модель локального туризма, базирующуюся на экотуризме и гостевых домах; Казахстан, обладая крупнейшей экономикой региона, имеет потенциал для развития туристской инфраструктуры, однако нуждается в увеличении инвестиций в региональные дестинации; стимулировании внутреннего туризма; интеграции цифровых решений для продвижения страны на международных рынках.

Важным направлением дальнейшего роста в туристской отрасли для Казахстана является развитие трансграничных туристских маршрутов в рамках сотрудничества Казахстана, Узбекистана и Кыргызстана, что позволит создать единое туристическое пространство Центральной Азии [14].

Таким образом, можно сделать ключевые выводы: туристская отрасль региона демонстрирует восстановление после кризиса, однако с разной скоростью; Узбекистан показывает наиболее устойчивый рост и может служить примером для Казахстана в части государственной политики и цифровизации; Кыргызстан удерживает высокий относительный вклад туризма в экономику, делая ставку на природный потенциал; Казахстану необходимо

усилить межведомственную координацию, инвестиционную привлекательность и маркетинг туристических направлений.

На основе выявленных тенденций предлагаются следующие рекомендации для Республики Казахстан:

– Усиление государственной туристской политики: разработать единый национальный стандарт развития индустрии гостеприимства, включающий унифицированные требования к качеству услуг; расширить государственно-частное партнёрство для модернизации гостиничного и сервисного сектора – примером может служить Узбекистан; упростить визовые и административные процедуры для иностранных туристов.

– Развитие инфраструктуры и диверсификация туристских продуктов: стимулировать строительство малых гостиниц, этно-отелей и глэмпингов по примеру Кыргызстана; продвигать туристские маршруты, связанные с историей Великого шелкового пути, сакральным и экологическим туризмом; поддержать развитие региональных туристских кластеров.

– Ускорение цифровизации отрасли: разработать национальную единую цифровую платформу туризма с функциями бронирования, картирования и информационного сопровождения туристов; внедрять технологии big data и AI для анализа туристских потоков, как это делается в Узбекистане; поддерживать цифровые сервисы малых гостиниц и гостевых домов.

– Повышение квалификации кадров: создать региональные центры подготовки кадров для гостиничного сектора в сотрудничестве с ведущими университетами Центральной Азии; ввести стажировки в отелях Узбекистана и Кыргызстана как часть профессиональных программ для казахстанских специалистов.

– Развитие трансграничных туристских маршрутов; активизировать сотрудничество в рамках проекта Tri-Country Tourism Belt (Казахстан–Кыргызстан–Узбекистан); создать совместные турпакеты, объединяющие природные и культурные достопримечательности трёх стран.

– Внедрение механизмов устойчивого развития: внедрить рекомендации UNDP и Sustainable Hospitality Alliance (2023) по интеграции ЦУР в деятельность гостиниц; развивать экологичные виды туризма в регионах с высокой рекреационной нагрузкой.

Проведённый анализ и разработанные рекомендации позволяют сделать вывод, что эффективное развитие индустрии гостеприимства в Республике Казахстан требует системного и комплексного

подхода, основанного на сочетании государственной поддержки, инноваций и регионального сотрудничества. Применение опыта Узбекистана и Кыргызстана показывает, что ключевыми факторами успеха в современном туристском секторе являются: наличие стратегически выстроенной политики, активное государственно-частное партнёрство, внедрение цифровых технологий и ориентация на устойчивое развитие.

Для Казахстана приоритетным направлением становится диверсификация туристских продуктов и модернизация инфраструктуры, особенно в регионах с высоким потенциалом культурного и экологического туризма. Разработка единого национального стандарта качества услуг и создание цифровой экосистемы туризма позволят повысить прозрачность, конкурентоспособность и привлекательность страны на международном рынке.

Особое значение приобретает развитие человеческого капитала: профессиональная подготовка, международные стажировки и межгосударственные образовательные инициативы способны обеспечить устойчивое кадровое обеспечение отрасли. Важную роль играет также трансграничное сотрудничество в рамках инициативы Tri-Country Tourism Belt, которое способствует укреплению туристического имиджа Центральной Азии и позиционированию Казахстана как ключевого звена на маршрутах Великого шелкового пути.

Внедрение принципов устойчивого туризма в соответствии с рекомендациями UNDP и Sustainable Hospitality Alliance позволит обеспечить экологическую и социальную ответственность индустрии гостеприимства. Таким образом, реализация предложенных мер создаёт условия для формирования конкурентоспособной, инновационной и устойчивой туристской системы, интегрированной в региональное и мировое туристское пространство.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ivankovič G., Jankovič S., Peršič S. Framework for performance measurement in hospitality industry: case study Slovenia // *Tourism and Hospitality Management*. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 279–290.

2 Есенов М. Н., Бейсахмет А. А., Калимбетов Е. А., Артемьев А. А. Возможности для туризма Казахстана на Великом Шелковом пути // *Вестник КазНУ. Серия географическая*. – 2017. – Т. 47, № 4. – С. 45–53.

3 Shevyakova A., Tyugina I., Arystan M., Munsh E. Transformation of economy towards tourism: case of Kazakhstan // Journal of Security and Sustainability Issues. – 2018. – Vol. 7, № 3. – P. 601–616.

4 Jasmina S. Ways to develop tourism and hospitality in Uzbekistan // Spanish Journal of Innovation and Integrity. – 2025. – Vol. 41. – P. 122–128 [Электронный ресурс]. – URL: <https://sjii.es/index.php/journal/article/view/421/477> [дата обращения: 04.11.2025].

5 Niyozov D. The crucial role of tourism in the Uzbek economy // Journal of Multidisciplinary Bulletin. – 2025. – Vol. 8, № 5 [Электронный ресурс]. – URL: <https://journalmrb.com> [дата обращения: 04.11.2025].

6 Akbar I., Tazhekova A., Myrzaliyeva Z., Pazykhayir B., Mominov S. Positive outcomes of cross-border tourism development cooperation: a case of Kazakhstan, Kyrgyzstan and Uzbekistan // Region. – 2024. – Vol. 11, № 2. – P. 43–62.

7 Комитет по статистике Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – URL: <https://stat.gov.kz> [дата обращения: 04.11.2025].

8 Алексеев Т. Н., Языкбаева Б. К., Хушти З. Использование зарубежного опыта индустрии гостеприимства и туризма в Республике Казахстан // Вестник Карагандинского экономического университета Казпотребсоюза. – 2019. – № 1. – С. 112–119.

9 Абидова Д. И., Жураева Н. А. Региональные туристические ресурсы. – Ташкент: Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi, 2021. – 232 с.

10 Кайназарова Д. А., Баймагамбетова Л. К. Постковидное состояние и развитие туризма Казахстана // Вестник университета «Туран». – 2023. – № 2. – С. 216–233.

11 UNWTO. World Tourism Barometer: Global Tourism Rebound 2023–2024. – 2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.untourism.int/un-tourism-world-tourism-barometer-data> [дата обращения: 06.11.2025].

12 WTTC. Travel & Tourism Economic Impact 2023: Global Trends Report. – 2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://wtcc.org/research/economic-impact> [дата обращения: 06.11.2025].

13 UNDP. Sustainable Hospitality: Aligning the Sector with the SDGs. – 2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals> [дата обращения: 06.11.2025].

14 ADB. CAREC 2030: Supporting Regional Tourism Cooperation. – Manila: Asian Development Bank [Электронный ресурс]. – URL: <http://dx.doi.org/10.22617/TCS190110-2> [дата обращения: 06.11.2025].

15 Beissembayeva D., Mukatayeva M., Urazakova M. Digitalization of the tourism market in Kazakhstan: problems and prospects // KAZGUU University Institutional Repository. – 2023 [Электронный ресурс]. – URL: http://repository.kazguu.kz/bitstream/handle/123456789/1847/Turizm_Beissembayeva%20Dilnaz%2C%20Mukatayeva%20Madina%2C%20Urazakova%20Malika-1.pdf [дата обращения: 07.11.2025].

16 Национальный статистический комитет Кыргызской Республики [Электронный ресурс]. – URL: <https://stat.gov.kg> [дата обращения: 08.11.2025].

17 Государственный комитет Республики Узбекистан по статистике [Электронный ресурс]. – URL: <https://stat.uz> [дата обращения: 08.11.2025].

РАЗВИТИЕ КОНГРЕСС-ТУРИЗМА В КАЗАХСТАНЕ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ С ЗАРУБЕЖНЫМИ СТРАНАМИ И ГОСУДАРСТВАМИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

УСЕНОВ И. Б.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

ОКТАЙ К.

PhD, Торайгыров университет, г. Павлодар

Цель исследования заключается в комплексном выявлении особенностей, динамики и ключевых факторов развития конгресс-туризма в Казахстане с последующим сопоставлением его характеристик с международными и региональными моделями, представленными зарубежными странами и государствами Центральной Азии.

Задачи:

– проанализировать теоретические основы конгресс-туризма, включая его определения, эволюцию понятия и роль в глобальной экономике туризма на основе научной литературы и международных стандартов;

– оценить современное состояние конгресс-туризма в Казахстане, включая анализ инфраструктуры, объемов мероприятий и экономического вклада, с использованием количественных данных из национальных статистических источников;

- провести сравнительный анализ развития конгресс-туризма в Казахстане с моделями зарубежных стран и государств Центральной Азии;

- выявить основные проблемы, факторы развития и конкурентные преимущества конгресс-туризма в Казахстане на основе результатов сравнительного анализа и статистической обработки данных;

- сформировать рекомендации по совершенствованию конгресс-туризма в Казахстане на уровнях государства, бизнеса и регионов, с учетом лучших практик стран-лидеров и этапов реализации.

Несмотря на значительный потенциал Казахстана в развитии конгресс-туризма, обусловленный выгодным географическим положением, наличием современной инфраструктуры, созданной в рамках мероприятий вроде EXPO-2017, и растущим интересом к региону как к хабу для международных встреч, фактический уровень отрасли остается недостаточно высоким, что проявляется в ограниченном объеме проводимых мероприятий, низкой глобальной конкурентоспособности и неэффективном использовании ресурсов. Эти несоответствия усугубляются геополитическими вызовами, такими как региональная нестабильность и логистические барьеры, а также экономическими факторами, включая зависимость от сырьевого сектора и недостаток инвестиций в туристическую инфраструктуру, что приводит к упущенным возможностям для диверсификации экономики и интеграции в глобальные цепочки MICE-туризма. В этой связи актуальным становится проведение сравнительного анализа с моделями зарубежных стран и государств Центральной Азии, позволяющее выявить лучшие практики, барьеры и стратегические направления для стимулирования устойчивого роста конгресс-туризма в Казахстане, способствуя тем самым повышению его вклада в социально-экономическое развитие страны.

В условиях глобализации конгресс-туризм, или MICE-отрасль, играет ключевую роль в экономике туризма, генерируя значительные доходы и способствуя устойчивому развитию: по данным Fortune Business Insights, глобальный рынок MICE оценивался в 1121,95 млрд долларов США в 2024 году и прогнозируется к росту до 2449,10 млрд долларов к 2032 году, что подчеркивает его вклад в ВВП стран и создание рабочих мест [1]. В постпандемный период отрасль демонстрирует активное

восстановление, с полным возвращением к допандемным уровням в 2024 году и ожидаемым ростом в 2025 году, как отмечает UN Tourism, стимулируя переход к гибридным и устойчивым форматам мероприятий для преодоления вызовов, вызванных COVID-19 [2]. Для Казахстана развитие конгресс-туризма представляет собой стратегический инструмент диверсификации экономики, традиционно зависящей от сырьевого сектора, позволяя привлечь инвестиции и повысить вклад туризма в ВВП до 10 млрд евро к 2029 году за счет привлечения 15 млн посетителей ежегодно, как указано в национальных планах, и улучшить позиции в индексе развития туризма Всемирного экономического форума, где страна поднялась на 52-е место из 119 в 2025 году [3] [4]. Кроме того, конгресс-туризм способствует региональным интеграционным процессам в Центральной Азии, усиливая межгосударственное сотрудничество через совместные мероприятия и маркетинг, что повышает конкурентоспособность региона, как подчеркивается в отчете JICA о потенциале интегрированного туристического развития пяти стран Центральной Азии [5]. Таким образом, исследование данной темы приобретает высокую актуальность и практическую значимость, позволяя выявить пути оптимизации политики для стимулирования экономического роста и региональной кооперации в условиях глобальных трансформаций.

Объектом исследования является конгресс-туризм как специализированный сегмент туристической отрасли, представляющий собой комплекс мероприятий по организации и проведению конференций, конгрессов, выставок и встреч, способствующих экономическому и социальному развитию регионов. Предметом исследования выступают процессы развития конгресс-туризма в Казахстане, включая его динамику, факторы влияния и инфраструктурные особенности, в сравнительном аспекте с моделями зарубежных стран и государств Центральной Азии.

В данном исследовании применяется количественный методологический подход, ориентированный на сбор и анализ числовых данных для объективной оценки развития конгресс-туризма, что позволяет выявить закономерности, тенденции и количественные различия без субъективных интерпретаций, типичных для качественных методов. Этот подход обоснован необходимостью работы с измеримыми индикаторами, такими как объемы мероприятий, экономический вклад и инфраструктурные

показатели, обеспечивая точность и воспроизводимость результатов в сравнительном контексте.

Дизайн исследования носит сравнительный характер, предполагающий систематическое сопоставление ключевых параметров конгресс-туризма в Казахстане с аналогичными показателями в выбранных зарубежных странах (например, Сингапур и Германия как глобальных лидерах MICE-рынка) и государствах Центральной Азии (Узбекистан, Кыргызстан, Таджикистан), с акцентом на критерии инфраструктуры, регуляторных рамок и экономической эффективности для выявления сходств, различий и потенциальных заимствований лучших практик.

Сбор данных осуществляется преимущественно через анализ документов, служащий основным методом и включающий изучение официальных источников, таких как отчеты Министерства туризма и спорта Республики Казахстан, публикации Международной ассоциации конгрессов и конференций (ICCA) и Всемирной туристской организации (UNWTO) за период 2015–2025 годов. Дополнением к этому выступают статистические данные из национальных и международных баз (например, статистические сборники Комитета по статистике РК и отчеты Евразийского экономического союза), отраслевые отчеты (включая аналитику Fortune Business Insights и JICA по туризму в Центральной Азии), международные рейтинги (индексы конкурентоспособности туризма Всемирного экономического форума и ICCA Country & City Rankings) и государственные программы (такие как Национальная стратегия развития туризма в Казахстане до 2029 года и аналогичные документы в сравниваемых странах). Эти источники отбираются по критериям актуальности, надежности и доступности, обеспечивая репрезентативность данных для временного охвата и географического разнообразия.

Методы анализа данных включают комплекс инструментов статистической и сравнительной обработки. Сравнительный анализ применяется для сопоставления ключевых показателей развития конгресс-туризма между странами и регионами. Статистическая обработка предусматривает анализ динамических рядов, расчет относительных и структурных показателей, построение индексов и выявление взаимосвязей между переменными. Количественная интерпретация данных позволяет объективно выявить тенденции, измерить масштаб различий и определить позиции Казахстана в международном и региональном контексте.

Исследование строго придерживается этических принципов, включая корректность использования источников через точное цитирование и ссылки на оригинальные данные для предотвращения плагиата и искажений, прозрачность процедур путем детального описания этапов сбора и анализа данных, позволяющего воспроизвести результаты, а также объективность интерпретации результатов, исключающую предвзятость за счет опоры исключительно на верифицированные количественные показатели и избегания субъективных оценок [6].

Конгресс-туризм традиционно рассматривается как часть делового туризма, связанного с организацией и обслуживанием профессиональных мероприятий. Так, Международная ассоциация конгрессов и конвенций (ICCA) определяет бизнес-туризм как «предоставление услуг миллионам делегатов, ежегодно посещающих конференции, конгрессы, выставки, бизнес-мероприятия, мотивационные поездки и корпоративное гостеприимство» [27]. В этой широком контексте конгресс-туризм выступает как сегмент MICE-туризма (Meetings, Incentives, Conferences, Exhibitions): он включает поездки на конференции и конгрессы – прежде всего некоммерческие деловые и научные встречи для обмена знаниями и налаживания контактов [28]. Участники таких мероприятий обычно обладают высокой платёжеспособностью и специфическими потребностями в инфраструктуре (конгресс-центров, гостиниц, транспортных связей). Согласно современным исследованиям, конгресс-туризм приносит городам и странам стабильные доходы вне туристического сезона и стимулирует непрерывное развитие сервисного сектора.

Со временем терминология в сфере делового туризма эволюционировала. В ранних публикациях «meeting tourism» или просто «business tourism» понимался основной феномен деловых поездок. Начиная с конца XX века всё большую популярность получила аббревиатура MICE, охватывающая совокупность встреч, мотивационных поездок, конгрессов и выставок. Исследование Сандры Монрой-Родригез и Ракеля Каро-Карреты (2023) показывает, что официальные источники и учёные всё чаще используют термин MICE как единый сегмент делового туризма [29]. Параллельно встречаются и другие понятия: нередко говорят о «meetings industry» или «business events tourism». Важной альтернативой является сам термин «конгресс-туризм», который в научной литературе используется, но пока не стал доминирующим. Авторы отмечают, что до недавнего времени

отсутствовал единый стандарт: часть исследований ссылались на «meeting tourism» и «business tourism», затем появлялись работы, обозначавшие сегмент терминами MICE или просто «meetings», а «congress tourism» фиксировался лишь в названиях некоторых публикаций [29]. Таким образом, терминологические предпочтения сдвинулись в сторону англоязычных аббревиатур, отражающих всю индустрию деловых мероприятий.

Современные представления о конгресс-туризме расширяются под влиянием цифровизации и глобальных трендов. Так, в последние годы появляется концепция «Smart MICE» (умного MICE) – форма индустрии встреч, в которой активно используются ИКТ и онлайн-платформы для повышения эффективности мероприятий [30]. Применение цифровых технологий позволяет организовывать гибридные конгрессы (сочетание офлайн- и онлайн-участия), упрощать регистрацию и коммуникативные процессы, а также анализировать данные участников. Одновременно глобальная мобильность бизнеса – улучшение авиасообщения, унификация визовых режимов, рост числа международных авиамаршрутов – делает деловые поездки более доступными и частыми, стимулируя «индустрию встреч» к дальнейшему росту. Итоговая картина: конгресс-туризм рассматривается не только как традиционные конференции и съезды, но и как динамичная часть мировой индустрии встреч, адаптирующаяся к цифровому веку и интегрированная в глобальную экономику культуры и знаний.

Конгресс-туризм представляет собой значимый сегмент международного туризма: по данным ICCA, в 2019 г. мировой рынок ассоциационных встреч превысил доход в 1 трлн долл. и обеспечил около 10 млн рабочих мест при участии почти 1,5 млрд посетителей, продемонстрировав, что деловой туризм в три раза выгоднее обычного [7]. Лидирующие страны имеют при этом сотни и сотни ежегодных мероприятий (США – 690 событий в 2023 г., Италия – 553, Испания – 505), тогда как Казахстан лишь начинает развиваться в этом секторе [8]. Методологически исследование опирается на количественные показатели (статистика конференций, турпотока, экономического эффекта) и сравнительный дизайн: анализируются официальные данные Казахстана (национальные статистические службы) и признанные международные источники (ICCA, UNWTO, WTTC и пр.).

В международном рейтинге ICCA за 2023 г. Казахстан занял лишь 78-е место (13 международных ассоциационных встреч). Для

сравнения, в Турции – 119 встреч (31-е место), в США – 690 встреч (1-е место), в ОАЭ – 92 встречи (1-е место в регионе). Среди стран Центральной Азии Казахстан занимает первое место: ближайшая по активности – Азербайджан – провёл 8 встреч (89-е место), остальные страны региона вообще не попадают в мировые рейтинги. Казахстанский бизнес-туризм остаётся во многом локальным: большинство событий происходит в Астане и Алматы [8].

Однако Казахстан активно наращивает объёмы. В 2024 году страна провела 14 международных деловых мероприятий с участием ~3,800 делегатов. Суммарный экспорт услуг в сегменте деловых событий составил \$4.6 млн. За последние 5 лет Казахстан организовал 51 крупное международное событие (~13 тыс. иностранных участников) с общим экономическим эффектом порядка \$17 млн [9]. Это стало возможным благодаря целенаправленной политике: правительство ввело безвизовый режим для 87 стран и создало 45 специализированных конгресс-отелей [10], запустило программу «Посол MICE-туризма» (40 послов с 2021 г. активно привлекают события) [9], вступило в ICCA (с 2020 г. привлекли 12 будущих мероприятий с 5 000 участников) [11]. Помимо прямых субсидий и участия в отраслевых выставках Казахстан фокусируется на цифровизации туризма – внедряются «умные» сервисы, планируется сделать Астану мировым центром туристической цифровизации (AI, AR, Big Data) [12].

Объёмы развития оцениваются по числу международных ассоциативных встреч (по ICCA), общему числу туристов в MICE-сегменте и вкладу в ВВП. По данным ICCA за 2024 г., США лидируют с топ-позицией, за ними Германия (2-е место в Европе) с 300+ международными встречами, Сингапур (топ в Азии) с 200+ встречами. В Казахстане, по stat.gov.kz, общее число иностранных туристов в первой половине 2025 г. – 7.5 млн, но специфически MICE-данные ограничены, с ростом на 15 % от 2019 г [18]. В Центральной Азии: Узбекистан – 9.7 млн туристов за январь–октябрь 2025 г. (рост 50 %), но MICE умеренный; Кыргызстан – около 1.5 млн от Узбекистана, MICE низкий; Таджикистан – 1.4 млн в 2024 г., рост 30 % в 2025 г., MICE минимальный. Регрессионный анализ прогнозирует рост в Казахстане на 10–15 % к 2029 г., но отставание от лидеров в 5–10 раз (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ ключевых показателей MICE-туризма [8, 9, 13, 14, 15, 16, 17]

Показатель	Казахстан	Азербайджан	Турция	США
ассоциационных встреч (ICCA, 2024)	13 (78-е место)	8 (89-е место)	119 (31-е место)	690 (1-е место)
международных деловых мероприятий (2024)	14	15-20	~120	709
иностранцы делегаты (2024)	3800-5180	70,000–80,000	оценочно сотни тысяч	оценочно миллионы
доходы MICE-сектора (экспорт услуг) (USD, 2024)	4.6 млн	200–300 млн	~4.7 млрд	~20–30 млрд

Инфраструктура оценивается по критериям наличия специализированных конгресс-центров, их вместимости, технологической оснащенности и интеграции с транспортными хабами. В Казахстане ключевыми объектами являются конгресс-центры в Астане и Алматы. Однако, по данным stat.gov.kz, общая емкость размещения в стране на январь–июнь 2025 г. составляет 4442 тыс. койко-мест, что отражает общий туристический потенциал, но не специфически MICE [18]. В Центральной Азии инфраструктура слабее: в Узбекистане Ташкентский международный конгресс-центр (вместимость до 5000), в Кыргызстане – Бишкекский центр (до 3000), в Таджикистане – Душанбинский комплекс (до 2000), с ограниченной цифровизацией. Сингапур лидирует с Singapore Expo (вместимость 100 000+ кв. м, интеграция с аэропортом Чанги и AI-системами), а Германия – с Messe Frankfurt (вместимость 100 000+, высокотехнологичная инфраструктура). Корреляционный анализ показывает сильную зависимость между инвестициями в инфраструктуру и объемами мероприятий в лидерах.

Государственная поддержка в сфере конгресс-туризма оценивается через наличие стратегических программ, объем инвестиций и эффективность нормативно-регуляторных механизмов. В Казахстане ключевым инструментом выступает Национальная стратегия развития туризма до 2029 года, ориентированная на диверсификацию отрасли и модернизацию инфраструктуры. Несмотря на заявленный инвестиционный потенциал, оцениваемый приблизительно в 10 млрд евро, развитие конгресс-туризма

сдерживается сложными административными процедурами и недостаточной институциональной координацией.

В странах Центральной Азии государственная поддержка формируется неравномерно. В Узбекистане в последние годы наблюдается активизация реформ в сфере визовой либерализации и стимулирования въездного туризма, что обеспечило прирост деловой мобильности приблизительно на 50 %. Кыргызстан и Таджикистан реализуют лишь базовые государственные программы, отличающиеся ограниченным финансированием и отсутствием специализированных институтов, ориентированных на развитие индустрии деловых событий.

Зарубежные примеры демонстрируют более высокую степень институционализации и стратегической направленности. В Сингапуре деятельность Singapore Tourism Board характеризуется значительными государственными вложениями в маркетинговые инициативы, цифровизацию и развитие гибридных форматов мероприятий, что обеспечило около 20% роста сектора в 2024 году [20]. В Германии German Convention Bureau функционирует в рамках устойчивой системы федеральной поддержки, включающей грантовые механизмы, развитие цифровых сервисов и внедрение экологических стандартов, в том числе международных норм ISO, регулирующих устойчивое проведение мероприятий [21].

Таблица 2 – Сравнительный анализ показателей объектов размещения, государственной поддержки и инфраструктуры MICE-туризма [8, 9, 18, 19]

Показатель	Казахстан	Центральная Азия (среднее)	Лидеры (Япония, Германия, США)
количество объектов размещения (2025)	4442	~3500	>50 000
единовременная вместимость (тыс. мест)	232,4	~200	>1 000
государственные программы поддержки	Программа «Послы MICE»	Локальные инициативы	Национальные конгресс-бюро, субсидии
цифровизация и маркетинг	Ограниченные кампании	Низкий уровень	Высокий уровень (онлайн-платформы, гибридные форматы)

Результаты сравнительного анализа показывают, что Казахстан занимает лидирующую позицию по конгресс-туризму в Центральной Азии благодаря централизованной инфраструктуре и государственной поддержке (таблица 2). Страна быстро догоняет мировые стандарты: введен безвизовый режим, реализованы проекты масштабных конгресс-центров и гостиниц, активны программы продвижения. При этом отставание перед мировыми лидерами остаётся значительным: общее число мероприятий и участников в Казахстане лишь двузначно, тогда как в США и Европе – сотни; развитость отрасли в 2 раза ниже по инвестициям. Слабые стороны – высокая концентрация событий в двух городах, недостаточный опыт организации крупных саммитов (по сравнению с Турцией или ОАЭ), а также дефицит квалифицированных MICE-менеджеров. Тем не менее, при сохранении стратегической поддержки и внедрении лучших практик (эффективный маркетинг, цифровые технологии) у Казахстана есть реальные конкурентные преимущества как регионального центра бизнес-туризма (географическое положение, масштабные отели, государственная поддержка) и потенциал для дальнейшего выхода в мировой топ-30 по развитию конгресс-отрасли.

Таблица 3 – Рекомендации для государства

Для государства		
Краткосрочные (1–2 года)	Среднесрочные (3–5 лет)	Долгосрочные (свыше 5 лет)

Краткосрочные (1–2 года): закрепить конгресс-туризм как приоритет национальной политики, расширить полномочия профильных агентств (например, АО «Kazakh Tourism» и региональных ДМО) и упростить нормативно-правовые механизмы поддержки. Целесообразно внедрить целевую финансовую поддержку международных мероприятий: бесплатное предоставление городского транспорта, аренда площадок, приветственный приём и печатные услуги для конгрессов с большим числом иностранных участников. Немедленно расширить безвизовые или упрощённые визовые режимы для деловых гостей и обеспечить стабильное авиасообщение с ключевыми рынками.

Среднесрочные (3–5 лет): инвестировать в создание и модернизацию инфраструктуры (строительство новых конгресс-центров и залов для мероприятий). Уже начатый проект строитель-

ства государственного Конгресс-центра в Алматы, финансируемого из бюджета и частных средств, стоит распространить и на другие регионы [22]. Параллельно развивать гостиничное хозяйство и сервисную отрасль, повысить профессиональный уровень кадров (через специализированное обучение), внедрить отраслевые стандарты обслуживания деловых туристов. Активно развивать продвижение на международных выставках и форумах: продолжать участие в IBTM World, IMEX, выставках страны-целевые (Япония, Европа) [23], организовывать роад-шоу казахстанских MICE-возможностей (как уже делалось на IBTM 2018) [24]. При государственной поддержке создавать единую систему участия в международных тендерах ICCA и МРА.

Долгосрочные (свыше 5 лет): сформировать имидж Казахстана как ведущего MICE-дестинации Центральной Азии. На основе опыта передовых стран следует сконцентрировать усилия на масштабных проектах: возвести знаковые объекты и проводить крупные выставки и форумы [25]. Внедрить комплексную маркетинговую стратегию, направленную на постоянный рост доли в мировой отрасли: по итогам 2019 года доля Казахстана составила всего 0,07% от глобальных мероприятий и значительно уступает конкурентам, поэтому ставится задача существенно увеличить число и качество международных конгрессов и конференций в стране [26]. Развивать государственно-частное партнёрство в MICE-сегменте, предоставляя инвесторам льготное финансирование и налоговые стимулы на строительство объектов, а также продолжать привлечение международных ассоциаций через соглашения и меморандумы (таблица 3).

Таблица 4 – Рекомендации для бизнеса

Для бизнеса		
Краткосрочные	Среднесрочные	Долгосрочные

Краткосрочные: формировать отраслевые альянсы и партнерства между компаниями гостиничного и выставочного сектора, турагентствами и транспортными операторами. Активно участвовать в международных B2B-форумах: по примеру прошедших встреч, налаживать прямые контакты с иностранными организаторами деловых поездок [24, 25]. Стимулировать инвестиции в модернизацию услуг – обновлять отели и конференц-залы до международных стандартов, обучать персонал иностранным

языкам и специфике работы с деловыми туристами. Разрабатывать пакеты «бизнес+отдых», включающие организацию совещаний с осмотром местных достопримечательностей, чтобы повысить привлекательность услуг отрасли.

Среднесрочные: расширять продуктовую линейку MICE-услуг и повышать конкурентоспособность компаний. Развивать партнерства с зарубежными event- и incentive-агентствами, входить в международные ассоциации (например, ICCA, MPI). Реализовывать совместные инвестиционные проекты с региональными властями (концессионные модели) – например, участвовать в финансировании новых конгресс-центров или масштабных выставок. Использовать цифровые каналы: создавать онлайн-платформы для поиска и бронирования конференц-залов, применять CRM и аналитику для работы с деловыми клиентами. Поощрять отраслевые инновации и сертификацию качества.

Долгосрочные: укреплять репутацию казахстанских компаний как надёжных организаторов и подрядчиков MICE-мероприятий. Развивать долгосрочные совместные проекты и укреплять бренд на MICE-рынке. Поддерживать участие бизнес-структур в международных тендерах и индустриальных выставках, как это демонстрируют примеры меморандумов и соглашений с иностранными партнёрами. Ввести программы финансовой поддержки деловых туров (например, субсидировать чартерные авиарейсы для деловых групп) и использовать механизмы закупок через туроператоров и MICE-агентства, стимулирующие приток иностранных участников (таблица 4).

Таблица 5 – Рекомендации для регионов

Для регионов		
Краткосрочные	Среднесрочные	Долгосрочные

Краткосрочные: выявить и развивать локальные «точки роста» конгресс-туризма. Региональные управления туризма и Торгово-промышленные палаты должны совместно с бизнесом формировать календарь конференций и выставок по темам, актуальным для региона (образование, медицина, IT, агробизнес и т.д.). Проводить учебные семинары и промо-мероприятия для местных компаний по стандартам оказания MICE-услуг. Развивать инфраструктуру поддержки: улучшать автодороги, транспортное сообщение и гостиничное хозяйство в популярных деловых центрах.

Не отставать от соседей – многие страны Центральной Азии уже активно готовят новые выставочные проекты, поэтому регионы Казахстана должны наращивать события и налаживать региональное сотрудничество (например, организовывать совместные форумы с приграничными соседями).

Среднесрочные: вкладывать средства в объекты инфраструктуры на уровне регионов: строительство и реконструкцию выставочных залов, конгресс-центров, конференц-залов в бизнес-комплексах. Повышать туристическую привлекательность регионов для деловых гостей: создавать тематические маршруты (деловые+экскурсионные), организовывать культурные программы для участников мероприятий. Вводить льготы и поддержку для местных операторов: субсидировать участие региональных компаний на международных выставках или обучающих поездках, совместно с банковскими институтами предлагать льготные кредиты на развитие MICE-направления в регионе.

Долгосрочные: формировать устойчивые региональные бренды MICE-дестинаций и обеспечивать их продвижение в зарубежных медиа. Создавать межрегиональные туристические кластеры, чтобы деловые туристы могли совмещать мероприятия в нескольких городах. Интегрировать MICE-услуги в долгосрочные стратегии развития территорий, выстраивать «маршруты» делового туризма, сочетающие конгрессные события с культурными или природными аттракционами. Комплексно развивать логистику – расширять авиаперевозки и внутренние рейсы, чтобы из любого региона было удобно добираться до основных MICE-центров страны. Постепенно довести уровень региональных индустрий сервиса до международного через сертификацию, повышение квалификации кадров и изучение передового опыта (например, программы акселерации и мастер-классов от ведущих стран) (таблица 5).

Эти рекомендации основаны на сравнительном анализе мировых практик. Опыт Японии, Сингапура и других стран показывает, что государственная поддержка крупных международных и развитая инфраструктура преобразуют конгресс-туризм в мощный источник дохода. Казахстану следует последовательно перенимать эти подходы, адаптируя их под национальные реалии, и чётко выстраивать приоритеты развития отрасли на каждом этапе.

Проведённое исследование позволило комплексно раскрыть особенности и динамику развития конгресс-туризма в Казахстане, подтвердив поставленную цель и решение обозначенных задач.

Теоретический анализ показал, что конгресс-туризм является важным сегментом глобальной индустрии встреч (MICE), эволюционировавшим от традиционного «business tourism» к современным цифровым и гибридным форматам, что обеспечивает его устойчивое влияние на экономику и социальное развитие.

Оценка текущего состояния отрасли в Казахстане выявила наличие значительного потенциала, связанного с географическим положением, созданной инфраструктурой и государственной поддержкой в рамках национальной стратегии до 2029 года. Вместе с тем, количественные показатели – число международных встреч, объём делегатов и доходы сектора – остаются существенно ниже мировых лидеров и даже отдельных региональных конкурентов. Казахстан занимает первое место среди стран Центральной Азии, однако разрыв с глобальными центрами MICE остаётся значительным.

Сравнительный анализ показал, что ключевыми проблемами развития конгресс-туризма в Казахстане являются ограниченный масштаб мероприятий, недостаточная глобальная конкурентоспособность, слабая диверсификация экономики и ограниченные инвестиции в специализированную инфраструктуру. Дополнительными барьерами выступают логистические сложности и региональная нестабильность. Вместе с тем, выявлены конкурентные преимущества: безвизовый режим для широкого круга стран, наличие современных конгресс-центров, запуск программ по продвижению MICE-туризма, а также ориентация на цифровизацию и интеграцию в международные ассоциации.

Практическая значимость исследования заключается в том, что предложенные рекомендации по совершенствованию конгресс-туризма на уровне государства, бизнеса и регионов опираются на лучшие практики стран-лидеров и учитывают специфику Центральной Азии. Их реализация позволит повысить вклад отрасли в ВВП, укрепить позиции Казахстана в международных рейтингах конкурентоспособности туризма, а также стимулировать региональную кооперацию и интеграцию в глобальные цепочки MICE-туризма.

Конгресс-туризм в Казахстане, находясь на этапе становления, обладает реальными возможностями для устойчивого роста и превращения в стратегический инструмент диверсификации экономики и укрепления международного имиджа страны.

ЛИТЕРАТУРА

1 MICE Market Size, Share & Industry Analysis, By Event Type, By Service Type, and Regional Forecast. // Fortune Business Insights, 2025-2032. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/mice-market-108653> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

2 Asia-Pacific unveils its potential for a stronger and smarter growth at the UN Tourism/PATA Forum. // UN Tourism, 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.untourism.int/news/asia-pacific-unveils-its-potential-for-a-stronger-and-smarter-growth-at-the-un-tourism-pata-forum> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

3 Marabai, B. How Kazakhstan aims to turn tourism into a €10B business and attract 15M annual visitors by 2029. // Euro News, 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.euronews.com/business/2025/08/05/how-kazakhstan-aims-to-turn-tourism-into-a-10b-business-and-attract-15m-annual-visitors-by> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

4 Kazakhstan's Tourism Sector Gains Momentum Amid Investment and Policy Reforms. // The business year, 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://thebusinessyear.com/article/tourism-kazakhstan-2025/> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

5 Central Asia Region Data Collection Survey on Tourism Industry Promotion in the Central Asia Region. // Japan International Cooperation Agency (JICA), 2022. [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

6 Келарев, В.В., Потопурченко, А.А. Методологические основы исследования стратегии туризма как предмета научного анализа. // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2022. № 3. С. 125–132. [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.22394/2079-1690-2022-1-3-125-132> [дата обращения 15.02.2026].

7 Kazakhstan Among Leaders in Hosting Global Events in Central Asia and Caucasus. // Astana Times, 2023. [Электронный ресурс]. – URL: <https://astanatimes.com/2023/06/kazakhstan-among-leaders-in-hosting-global-events-in-central-asia-and-caucasus/> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

8 ICCA Rankings 2024. // ICCA Business Analytics. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.slovenia-convention.com/wp-content/uploads/ICCA-Rankings-2023_080524.pdf [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

9 Казахстан вошел в топ-35 стран Европы по конгрессно-деловому туризму. // АО Национальная компания “Kazakh Tourism”. [Электронный ресурс]. – URL: <https://qaztourism.kz/ru/press-center/all/1796/> [дата обращения 15.02.2026].

10 Мамантова, И. Как Мангистау превращается в туристический хаб Центральной Азии. // inbusiness, 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://inbusiness.kz/ru/last/kak-mangistau-prevrashaetsya-v-turisticheskij-hab-centralnoj-azii> [дата обращения 15.02.2026].

11 Казахстан был представлен в крупнейшей международной выставке делового туризма IMEX Frankfurt. // АО Национальная компания “Kazakh Tourism”. [Электронный ресурс]. – URL: <https://qaztourism.kz/ru/press-center/all/428/> [дата обращения 15.02.2026].

12 Kazakhstan Teams Up With UN Tourism To Advance Sustainable And Innovative Travel Solutions. // Travel and Tour World (TTW), 2024. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.travelandtourworld.com/news/article/kazakhstan-teams-up-with-un-tourism-to-advance-sustainable-and-innovative-travel-solutions/> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

13 Инновации и тенденции: Международные выставки Азербайджана. // 28-я Азербайджанская Международная Выставка «Медицинские Инновации», 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://medinex.az/ru/news-for-all/innovacii-i-tendencii-mezhdunarodne-vstavki-azerbajdzhana-9119> [дата обращения 15.02.2026].

14 Avcioglu, M. Istanbul ranked among top 20 congress cities in world. // Anadolu Agency (AA), 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.aa.com.tr/en/economy/istanbul-ranked-among-top-20-congress-cities-in-world/3575651> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

15 The USA and Vienna top the 2024 ICCA Country and City rankings. // Conference & Meetings World (CMW). [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.c-mw.net/the-usa-and-vienna-top-the-2024-icca-country-and-city-rankings/> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

16 Around 70,000 to 80,000 foreign guests to visit Azerbaijan during COP29 in 2024. // International Information Group, 2023. [Электронный ресурс]. – URL: <https://interfax.com/newsroom/top-stories/97703/> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

17 MICE Market Analysis 2026. // Cognitive Market Research, 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/mice-market-report> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

18 О деятельности мест размещения в Республике Казахстан. // Бюро национальной статистики, 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-tourism/> [дата обращения 15.02.2026].

19 Статистика туризма в странах и территориях по всему миру. // UN Tourism. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.untourism.int/tourism-statistics/tourism-statistics-database> [на англ. яз.].

20 Aisultan, A. Cooperation between Kazakhstan and Singapore from public administration to smart cities. // Kazinform International News Agency, 2024. [Электронный ресурс]. – URL: <https://qazinform.com/news/cooperation-between-kazakhstan-and-singapore-from-public-administration-to-smart-cities-546531> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

21 Paramita, S. Germany Welcomes Global MICE Community as IMEX 2025 Opens. // Travel and Tour World (TTW), 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.travelandtourworld.com/news/article/germany-welcomes-global-mice-community-as-imex-2025-opens/> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

22 Конгресс-центр в Горном гиганте Алматы будет в госсобственности. // Капитал Центр деловой информации, 2025. [Электронный ресурс]. – URL: https://kapital.kz/real_estate/134793/kongress-tsentr-v-gornom-gigante-almaty-budet-v-gossobstvennosti.html [дата обращения 15.02.2026].

23 Satubaldina, A. Kazakhstan Presents Tourism Potential at World's Leading Business Tourism Exhibition in Frankfurt. // The Astana Times, 2022. [Электронный ресурс]. – URL: <https://astanatimes.com/2022/06/kazakhstan-presents-tourism-potential-at-worlds-leading-business-tourism-exhibition-in-frankfurt/> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

24 The potential of business and event tourism of Kazakhstan is presented in Barcelona. // АО Национальная компания “Kazakh Tourism”. [Электронный ресурс]. – URL: <https://qaztourism.kz/en/press-center/all/88/> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

25 Казахстан как бизнес-арена: что нужно для развития MICE-туризма? // travelpress.kz, 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://travelpress.kz/article/useful/kazahstan-kak-biznes-arena-cto-nuzhno-dlya-razvitiya-mice-turizma-3369> [дата обращения 15.02.2026].

26 Об утверждении Концепции развития туристской отрасли Республики Казахстан на 2023 – 2029 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 марта 2023 года № 262. [дата обращения 15.02.2026].

27 Sara, F., Sandra, S., Lorena, P., Jaime, L. Congress and Meetings Tourism and Destination Brand. // The Fifth International Conference on Creative Content Technologies, 2013. [Электронный ресурс]. – URL: https://personales.upv.es/thinkmind/dl/conferences/content/content_2013/content_2013_1_20_60031.pdf [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

28 Sylvie, C., Andreas, K. International Congress Tourism, Adaptability, and Societal and Technological Transformations in the Pandemic Crisis. // An International Interdisciplinary Journal, Vol. 71, No. 4, 2023, 754-768. [Электронный ресурс]. – URL: <https://hrcak.srce.hr/file/446663> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

29 Sandra, M-R., Raquel, C-C. Congress tourism: Characteristics and application to sustainable tourism to facilitate collective action towards achieving the SDGs. // Cogent Business & Management, 2023. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/376086712_Congress_tourism_Characteristics_and_application_to_sustainable_tourism_to_facilitate_collective_action_towards_achieving_the_SDGs [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

30 Xiao, L., Randy, S., Hongyi, L. Employability skills for MICE management in the context of ICTs. // PLoS ONE 17, 2022. [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271430> [на англ. яз.]. [дата обращения 15.02.2026].

Секция 25
Химия, химия және мұнай-химия саласының қазіргі жағдайы мен даму перспективалары
Современное состояние и перспективы развития химии, химической и нефтехимической отрасли

КАСАТЕЛЬНО ПРАКТИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

АХМЕТКАЛИЕВА Р.
докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Введение

На современных нефтеперерабатывающих предприятиях виртуальные анализаторы (ВА) стали неотъемлемым инструментом повышения качества целевых продуктов. Интегрированные в состав автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), они позволяют добиться улучшения показателей с минимальными капитальными затратами. Ключевым преимуществом ВА является возможность компенсировать недостаток оперативной информации: традиционные лабораторные исследования проводятся лишь 1–2 раза в сутки, что недостаточно для эффективного управления в реальном времени. В данном контексте появляется возможность для непрерывной оптимизации технологического процесса на основании виртуальных анализаторов (Real Time Optimization), не дожидаясь получения лабораторных данных.

Утверждение о проблеме

Проблемой традиционных методов контроля, к которым относится лабораторный контроль качества продуктов и полупродуктов, является длительное время проведения анализа. Ввиду инерционности технологических процессов (особенно характерной для крупнотоннажных процессов). Таким образом, лабораторные анализы представляют собой исторические данные о качестве потоков, получаемых в определенный момент времени при определенных технологических параметрах в прошлом. При этом, получаемый результат оказывают влияние как технологические факторы (колебания температуры, давления процесса и др.), так и факторы, связанные с непосредственным выполнением анализа (репрезентативность пробы, квалификация лаборанта,

состояние лабораторного оборудования и многое другое). Таким образом, управление технологической установкой на основании лабораторных анализов является надежным, хорошо изученным способом ведения технологического режима, при этом, существуют современные методы по улучшению управлению технологическим процессом, позволяющим в значительной степени улучшить оперативность управления.

Материалы и методы

Виртуальные анализаторы представляют собой математические модели, которые предсказывают сложные показатели качества (например, состав продукта) по текущим показаниям датчиков процесса (температура, давление, расход). Принцип действия виртуальных анализаторов основан на непрерывном определении качества по заранее построенной математической модели. Для построения моделей используются методы описательной статистики, а построение модели осуществляется на основании выборки данных. При этом на качество модели напрямую влияет качество данных, на которых модель была обучена[1-4].

Виртуальные анализаторы на основании построенной модели позволяют в реальном времени прогнозировать качество потоков. Настроенные виртуальные анализаторы не уступают в точности лабораторному контролю, при этом являются гораздо более оперативным и дешевым средством контроля. Необходимо отметить, что виртуальные анализаторы зачастую выступают как полезное дополнение к лабораторному контролю, используемой для перекрестной проверки получаемых результатов.

Главным недостатком виртуальных анализаторов является необходимость их технологической поддержки и калибровки по мере необходимости или изменений в технологии, способных повлиять на результаты модели.

В процессе создания математической модели виртуального анализатора были получены регрессионные уравнения, которые в дальнейшем легли в основу программно-алгоритмического комплекса.

Метод линейной регрессии. Линейная регрессия описывает связь между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными[5-6].

Метод робастной регрессии. Несмотря на то, что классический метод наименьших квадратов является наиболее распространенным инструментом построения моделей, его применение может

приводить к некорректным результатам в случае неравномерного распределения ошибок или наличия значительных выбросов в данных. В таких ситуациях предпочтительнее использовать робастную (устойчивую) регрессию, которая опирается на критерии соответствия, менее чувствительные к аномальным значениям [5-7].

Результаты и обсуждение

Виртуальный анализатор (ВА), согласно ГОСТ Р 8.818-2013, — это измерительный комплекс на базе ПК с возможностью перенастройки алгоритмов. Его применение повышает качество продукции и эффективность испытаний. Существующие способы управления ректификацией часто ограничены учетом одного-двух параметров (температура, давление), что снижает точность из-за сложности состава углеводородов.

Построение регрессионной модели виртуального анализатора требует разделения данных на обучающую (для настройки) и валидационную (для независимой проверки качества) выборки.

Заключение

В ходе выполненного исследования систематизированы ключевые аспекты повышения эффективности управления технологическими процессами на основе применения виртуальных анализаторов (ВА). Анализ существующих подходов к управлению ректификацией, предложенных специалистами различных научных и инженерных школ, показал, что их основными недостатками являются недостаточная точность и низкая оперативность реагирования на изменения хода процесса.

Современные достижения компаний-разработчиков в области автоматизации систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) открывают новые возможности для повышения эффективности производства. Установлено, что даже ограниченный набор исходных данных может оказаться достаточным для построения адекватной модели и последующей оптимизации, при условии корректной адаптации технологий под специфику конкретного производства.

Инновационные решения в сфере управления, в частности применение виртуального анализатора с функцией оптимизации, позволяют добиться существенного роста производительности. Эффективность внедрения подтверждается динамикой целевых показателей: прирост производства, измеряемый величинами от десятых долей до нескольких процентов, в масштабах предприятия

трансформируется в тысячи тонн дополнительной продукции в год, что напрямую влияет на финансовые результаты компании.

Дальнейшее развитие данного направления связано с созданием адаптивного виртуального анализатора. Разработка такой системы обеспечит более глубокий контроль над ходом технологического процесса в реальном времени, в том числе в периоды недоступности лабораторных или онлайн-анализаторов. Проведение работ в этом направлении не только повысит эффективность существующих механизмов управления, но и откроет новые технологические перспективы для предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Klemeš J. New directions in the implementation of Pinch Methodology (PM) / J. Klemeš // Renewable and Sustainable Energy Reviews.– № 98. – 2018. – PP. 439–468.
- 2 Chengtian, C. Jinsheng, S. Coupling design of interunit heat integration in an industrial crude distillation plant using pinch analysis / C. Chengtian, S. Jinsheng // Applied Thermal Engineering. – № 117. – 2017. – PP. 145–154.
- 3 Rajarshi B., Ole F., Sreedevi U. Applying pinch and exergy analysis for energy efficient design of diesel hydrotreating unit / B. Rajarshi, F. Ole, U. Sreedevi // Journal of Cleaner Production.– № 232. – 2019. – PP. 337–349.
- 4 Boualouache A. Integration of organic Rankine open cycles to alkanes fractional distillation: Process design and techno-economic assessment / A. Boualouache // Chemical Engineering and Processing. Process Intensification.– № 189. – 2023. – P. 109.
- 5 Liu X. G., He J. J., Chen B. J., Zhang, Q. L. A new retrofit approach to the absorption-stabilization process for improving energy efficiency in refineries / X. G. Liu, J. J. He, B. J. Chen, Q. L. Zhang // Energy.– № 118. – 2017. – PP. 1131–1145.
- 6 Mohsenpour M., Pazuki M. M., Salimi M., Amidpour M. Optimized heat exchanger network design for a phthalic anhydride plant using pinch technology: A Maximum Energy Recovery approach with economic analysis / M. Mohsenpour, M. M. Pazuki, M. Salimi, M. Amidpour // Results in Engineering.– № 24. – 2024. – PP. 103–118.
- 7 Shahrudin M. Z., Rahimi A. N., Zubir M. A., Fakhrul M. Energy Integrated Distillation Column Sequence by Driving Force Method and Pinch Analysis for Five Components Distillation / M. Z. Shahrudin,

A. N. Rahimi, M. A. Zubir, M. Fakhrul // Energy Procedia– №142. – 2017. – PP. 4085–4091.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

ЕЛУБАЙ М. А.
к.х.н., ассоц.профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ТОЛЕГЕНОВ Д. Т.
научный сотрудник, Торайгыров университет, г. Павлодар
МАУСУМБАЕВ С. С.
докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар

По данным исследований, ежегодный объём образования твёрдых бытовых отходов в мире составляет около 2,01 млрд тонн и может достигнуть 3,4 млрд тонн к 2050 году. При этом лишь около 33 % отходов подвергаются надлежащей утилизации, тогда как остальная часть размещается на несанкционированных или слабо контролируемых полигонах. Внедрение технологий искусственного интеллекта в управление отходами способствует повышению эффективности и устойчивости данной отрасли [1].

Ненадлежащее обращение с промышленными отходами и их недостаточная сортировка приводят к образованию смешанных потоков с опасными свойствами. Особенно остро проблема утилизации стоит в развивающихся странах, где системы управления отходами остаются недостаточно развитыми [2].

Эффективное управление неорганическими промышленными отходами является важной задачей для индустриально развитых экономик. Республика Казахстан, как крупный производитель стали и страна с высокой долей угольной энергетики, демонстрирует значительные масштабы образования отходов [3]. Основную их часть составляют сталеплавильные шлаки и зола-унос.

Ежегодно в Казахстане образуется около 19 млн тонн золы (около 10 % промышленных отходов), при этом накопленный объём превышает 300 млн. тонн, а уровень переработки остаётся крайне низким около 0,7 %. Производство стали превышает 4 млн тонн в год, сопровождаясь образованием 10–15 % шлака от массы продукции [4].

Существующие методы обращения с отходами преимущественно сводятся к их складированию, что приводит к изъятию земель,

экологическим рискам (пылеобразование, вымывание тяжёлых металлов) и потере ценных вторичных ресурсов.

В связи с этим переработка данных отходов с целью получения материалов с добавленной стоимостью является актуальным и перспективным направлением научных исследований [5-7].

В данной исследовательской работе в качестве исходного глинистого материала применялась огнеупорная глина местного месторождения, расположенного в Павлодарской области Республики Казахстан. Стальной шлак был предоставлен металлургическим предприятием KSP Steel (Павлодар, Казахстан) [8-9]. Летучая зола использовалась как побочный продукт, образующийся при сжигании экибастузского угля на тепловых электростанциях Павлодарского региона [10].

Первоначальным этапом работы было выполнение химического анализа ИК-спектров исходных сырьевых материалов, результаты которых представлены в таблице 1 и на рисунке 1. В результате установлено, что зола ГРЭС, зола ТЭЦ-1 и глина имеют преимущественно алюмосиликатный состав с высоким содержанием SiO_2 и Al_2O_3 , что указывает на их пригодность для производства строительных материалов и керамики. При этом зола характеризуется низким содержанием CaO ($< 2,2\%$), тогда как зола ТЭЦ-1 отличается повышенным содержанием Fe_2O_3 ($11,84\%$), обусловленным особенностями исходного топлива и процессов сжигания.

Металлургический шлак представлен в основном оксидами CaO ($60,4\%$), Al_2O_3 ($13,3\%$) и SiO_2 ($18,67\%$), суммарное содержание которых превышает 90% . Красный шлам, помимо оксидов кремния, алюминия и железа, содержит значительное количество CaO ($29,1\%$) и характеризуется высокой потерей массы при прокаливании (до $23,7\%$), что может осложнять его использование в керамических технологиях.

ИК-спектры всех образцов демонстрируют широкую полосу в области $950\text{--}1100\text{ см}^{-1}$, соответствующую колебаниям связей Si-O-Si и Al-O-Si . Полосы в диапазоне $670\text{--}690\text{ см}^{-1}$ связаны с колебаниями Si-O . Для красного шлама характерны полосы, соответствующие карбонатным группам (874 и 1427 см^{-1}), тогда как для глины наблюдаются пики $3620\text{--}3690\text{ см}^{-1}$, обусловленные колебаниями гидроксильных групп каолинита.

Таблица 1 – Химический состав образцов используемого минерального сырья (в мас. %).

Наименование образца	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	BaO	SO_3	V_2O_5	Cr_2O_3	NiO	ППП
Красный шлам	14,83	2,35	6,01	18,92	0,11	0,44	29,09	2,62	0,24	0,12	0,01	1,30	0,05	0,01	$<0,01$	23,75
Металлургический шлак	18,67	0,25	13,30	0,28	0,15	5,95	60,39	0,14	0,03	0,03	0,02	2,59	$<0,01$	$<0,01$	$<0,01$	1,66
Зола ГРЭС	58,62	1,19	27,92	3,86	0,07	0,37	1,04	0,40	0,55	0,37	0,13	0,10	0,03	$<0,01$	0,01	4,00
Зола ТЭЦ 1	51,93	1,14	25,98	11,84	0,23	0,77	2,15	0,55	0,44	0,46	0,11	0,17	0,02	0,01	$<0,01$	2,72
Глина	58,71	1,46	21,91	3,72	0,02	0,46	1,28	0,26	0,92	0,05	0,04	1,38	0,03	0,01	0,01	8,80

Условные обозначения: ППП – потери при прокаливании.

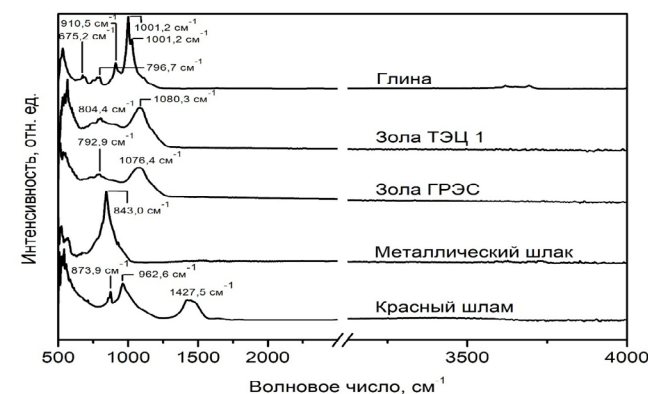


Рисунок 1 – Спектры инфракрасного нарушенного полного внутреннего отражения образцов используемого минерального сырья

Все образцы на рисунке 2 показано- красный шлам, металлургический шлак, зола ГРЭС, зола ТЭЦ1 и глина - имеют фракцию $\leq 40\text{ мкм}$. Средний размер частиц (D_{50}) составляет $16,0\text{ мкм}$ для красного шлама, $15,6\text{ мкм}$ для металлургического шлама, $12,6\text{ мкм}$ для золы ГРЭС, $12,2\text{ мкм}$ для золы ТЭЦ1 и $6,7\text{ мкм}$ для глины. Наибольшая дисперсия наблюдается в красном шламе и металлургическом шлаке ($D_{99} \approx 42\text{ мкм}$), наименьшая – у глины ($D_{99} \approx 15,6\text{ мкм}$). Гранулометрический анализ показал, что все образцы представлены преимущественно тонкодисперсными частицами. Мелкодисперсность зол и глины делает их потенциально пригодными для использования

в строительной и керамической промышленности, а более крупные фракции шлаков могут потребовать дополнительного измельчения для технологических применений. Перед проведением экспериментальных исследований исходные образцы минерального сырья подвергались предварительной пробоподготовке.

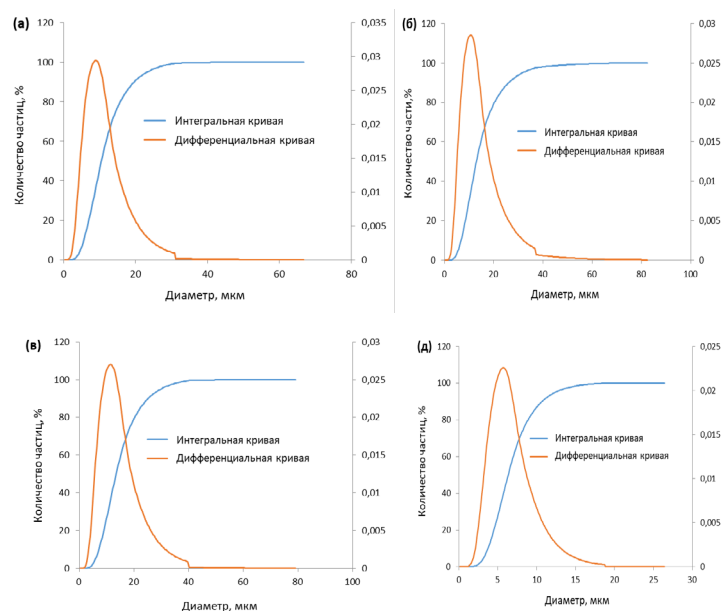


Рисунок 2 – Функция распределения частиц образцов используемого минерального сырья по размерам:
(а) красный шлам, (б) металлургический шлак, (в) зола ГРЭС, зола ТЭЦ1, (д) глина.

Сушка осуществлялась до постоянной массы при температуре 100–105 °С. В зависимости от вида анализа материалы измельчались до требуемой дисперсности: для фазового анализа – до ≤ 0,5 мм, для силикатного до ≤ 15 мкм. Измельчение проводилось с использованием дискового истирателя с контролируемыми параметрами работы. Химический состав образцов определялся методом рентгенофлуоресцентного анализа с предварительным сплавлением проб с литийсодержащим флюсом. Полученные стекла исследовались на спектрометре с использованием стандартных образцов, что обеспечило высокую точность

измерений. Инфракрасная Фурье-спектроскопия применялась для изучения структурных особенностей материалов. Спектры регистрировались с использованием приставки НПВО, а обработка данных выполнялась специализированным программным обеспечением. Фазовый состав образцов определялся методом рентгенофазового анализа. Расшифровка дифрактограмм проводилась с использованием уравнения Вульфа-Брэгга и базы данных минералов, а количественная оценка фаз осуществлялась методом Ритвелда. Гранулометрический анализ выполнялся методом лазерной дифракции, что позволило установить распределение частиц по размерам в исследуемых системах. Морфология и микроструктура образцов изучались с помощью сканирующей электронной микроскопии в широком диапазоне увеличений.

В ходе экспериментальной части с помощью комплексного анализа химического и фазового состава – включая рентгенофлуоресцентный анализ, ИКФурьеспектроскопию и рентгенофазовый анализ – установлена взаимосвязь между минералогическим составом техногенных отходов и их технологическими свойствами. Сопоставление этих характеристик с параметрами природного сырья позволяет обосновать целевое применение золы, шлаков и глины в композиционных материалах и расширяет возможности их эффективного включения в строительные и керамические продукты.

Исследования показали, что изучаемое минеральное сырьё – зола ГРЭС, зола ТЭЦ1, металлургический шлак, красный шлам и глина – обладают преимущественно алюмосиликатным составом и тонкодисперсной структурой, что делает их перспективным для использования в строительных и керамических материалах.

Гранулометрический анализ подтвердил мелкодисперсность зол и глины, тогда как шлаки при необходимости требуют дополнительного измельчения для улучшения технологических свойств. Химический и фазовый состав, а также ИКспектроскопия позволили уточнить структурные особенности материалов и выявить взаимосвязь состава с эксплуатационными характеристиками.

Сопоставление техногенных отходов с природным сырьём показало возможность их целевого включения в композиционные материалы, что открывает перспективы для переработки золы, шлаков и красного шлама с получением продуктов с повышенной добавленной стоимостью. Комплексный подход к оценке сырья

обеспечивает обоснование технологических решений по его применению в керамике и строительстве, а также способствует рациональному использованию промышленных отходов.

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант АР 23486826 Разработка композиционных керамических материалов на основе техногенных отходов).

ЛИТЕРАТУРА

1 Fang B., Yu J., Chen Z., Osman A. I., Farghali M., Ihara I., Hamza E. H., Rooney D. W., Yap P.-S. Artificial Intelligence for Waste Management in Smart Cities: A Review / B. Fang, J. Yu, Z. Chen, A. I. Osman, M. Farghali, I. Ihara, E. H. Hamza, D. W. Rooney, P.-S. Yap // *Environ Chem Lett.* – Vol. 21, № 4. – 2023. – P. 1959–1989. – DOI: 10.1007/s10311-023-01604-3.

2 Farghali M., Osman A. I. Revolutionizing Waste Management: Unleashing the Power of Artificial Intelligence and Machine Learning / M. Farghali, A. I. Osman // *Advances in Energy from Waste.* – Elsevier, 2024. – P. 225–279. – DOI: 10.1016/B978-0-443-13847-8.00007-5.

3 Schoeman Y., Oberholster P., Somerset V. A Decision-Support Framework for Industrial Waste Management in the Iron and Steel Industry: A Case Study in Southern Africa / Y. Schoeman, P. Oberholster, V. A Somerset // *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering.* – Vol. 3. – 2021. – Article 100097. – DOI: 10.1016/j.csee.2021.100097.

4 Patel S., Oza H., Sharma Y., Patel T., Agrawal S., Oza P. IoT-Enabled Smart Waste Management Using Renewable Energy / S. Patel, H. Oza, Y. Sharma, T. Patel, I. S. Agrawal, P. Oza // *Procedia Computer Science.* – Vol. 259. – 2025. – P. 1973–1982. – DOI: 10.1016/j.procs.2025.04.153.

5 Satayeva A., Baimenov A., Azat S., Zhantikeev U., Seisenova A., Tauanov Z. Review on coal fly ash generation and utilization for resolving mercury contamination issues in Central Asia: Kazakhstan / A. Satayeva, A. Baimenov, S. Azat, U. Zhantikeev, A. Seisenova, Z. Tauanov // *Environmental Reviews.* – Vol. 30, № 3. – 2022. – P. 418–437. – DOI: 10.1139/er-2021-0035.

6 Mymrin V., Aibuldinov E. K., Alekseev K., Petukhov V., Avanci M. A., Kholodov A., Taskin A., Catai R. E., Iarozinski N. A. Efficient road base material from Kazakhstan's natural loam strengthened by ground cooled ferrous slag activated by lime production waste / V.

Mymrin, E. K. Aibuldinov, K. Alekseev, V. Petukhov, M. A. Avanci, A. Kholodov, A. Taskin, R. E. Catai, N. A. Iarozinski // *Journal of Cleaner Production.* – Vol. 231. – 2019. – P. 1428–1436. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.05.250.

7 Guo J., Bao Y., Wang M. Steel slag in China: Treatment, recycling, and management / J. Guo, Y. Bao, M. Wang // *Waste Management.* – Vol. 78. – 2018. – P. 318–330. – DOI: 10.1016/j.wasman.2018.04.045.

8 Nurpeisova M. B., Zhumagulov T. Zh., Fedotenko N. A., Kurmanbayev O. S. Assessment of ash and slag waste as a source of environmental pollution and as a source of secondary raw materials / M. B. Nurpeisova, T. Zh. Zhumagulov, N. A. Fedotenko, O. S. Kurmanbayev // *Sustainable Development of Mountain Territories.* – 2024. – Vol. 16, № 1. – 2024. – P. 122–133. – DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-1-122-133.

9 Ulyeva G.A., Tuyskhan K., Matsugina E.M., Volokitina I.E., Akhmetova G.E. Actual progress of production waste disposal problems / G. A. Ulyeva, K. Tuyskhan, E. M. Matsugina, I. E. Volokitina, G. E. Akhmetova. // *Izvestiya Ferrous Metallurgy.* – Vol. 68, № 2–2025.. – P. 131–138. – DOI: 10.17073/0368-0797-2025-2-131-138.

10 Satayeva A., Baimenov A., Azat S., Zhantikeev U., Seisenova A., Tauanov Z. Review on coal fly ash generation and utilization for resolving mercury contamination issues in Central Asia: Kazakhstan / A. Satayeva, A. Baimenov, S. Azat, U. Zhantikeev, A. Seisenova, Z. Tauanov // *Environmental Reviews.* – Vol. 30, № 3. – 2022. – P. 418–437. – DOI: 10.1139/er-2021-0035

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЫРОГО И ПРОКАЛЕННОГО НЕФТЯНОГО КОКСА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА

ЕЛУБАЙ М. А.

к.х.н., ассоц. проф., Торайгыров университет, г. Павлодар

СТОРОЖЕВА К. Г.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Нефтяной кокс представляет собой твердый пористый нефтепродукт черно-серого цвета, получаемый при замедленном коксовании нефтяных остатков. Прокаленный нефтяной кокс является основным сырьевым компонентом для производства анодов алюминиевых электролизеров. Техничко-экономические показатели

процесса производства алюминия, а также экологические и технологические аспекты в основном зависят от качества нефтяного кокса. Нефтяной кокс для алюминиевой промышленности должен иметь следующие характеристики:

- минимальное содержание золы и отсутствие примесей;
- высокая устойчивость к кислороду и CO₂;
- низкая пористость и удельное электросопротивление;
- механическая прочность, приемлемая для обработки;
- прочная микроструктура.

Наиважнейшее значение имеет качество подготовки сырья и технология коксования, а также природа сырья, которая определяет микроструктуру нефтяного кокса. Качество нефтяного кокса – компромисс между получением легкого топлива и сырья коксования. Не удивительно, что только очень небольшая часть кокса может удовлетворить все требования алюминиевой промышленности.

Ключевые слова: нефтяной кокс, прокаливание, углеродная структура, плотность, электропроводность.

ВВЕДЕНИЕ

Прокаленный нефтяной кокс является основополагающим сырьём для производства анодов алюминиевой промышленности. Качество анодов напрямую зависит от физико-химических свойств нефтяного кокса. Казахстан имеет собственное производство прокаленного кокса (Павлодар, ТОО «УПНК-ПВ»), поэтому оптимизация сырья и контроль его качества имеют важное экономическое и стратегическое значение.

Изучение данной темы обусловлено возрастающей ролью нефтяного кокса в современной промышленности и необходимостью повышения эффективности его использования. Нефтяной кокс является важным побочным продуктом переработки нефти и широко применяется в алюминиевой, металлургической, химической и энергетической отраслях, где к нему предъявляются строгие требования по структуре, прочности, электропроводности, реакционной способности и содержанию примесей. Именно процесс прокаливания является ключевым этапом подготовки нефтяного кокса, поскольку в ходе термической обработки при высоких температурах происходит удаление летучих веществ, изменение кристаллической структуры углерода, снижение удельного сопротивления, формирование эксплуатационных свойств материала [1, с. 11].

Процесс прокаливания нефтяного кокса сопровождается значительными энергозатратами и выбросами газообразных продуктов, поэтому оптимизация его режимов на основе изучения физико-химических преобразований позволяет не только повысить качество материала, но и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Таким образом, исследование изменений физико-химических свойств нефтяного кокса в процессе прокаливания является актуальным с научной и практической точек зрения, так как способствует совершенствованию технологий переработки углеродных материалов, повышению конкурентоспособности продукции и устойчивому развитию промышленности в целом.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Сырой нефтяной кокс представляет собой твёрдый углеродсодержащий материал, образующийся в результате глубокой термической переработки тяжёлых нефтяных остатков (гудрона, вакуумного остатка) в процессах замедленного коксования, флюид-коксования и контактного коксования. По своей природе нефтяной кокс является продуктом термического разложения высокомолекулярных углеводородов, смол и асфальтенов, сопровождающегося дегазацией, ароматизацией и постепенным обогащением твёрдого остатка углеродом. В результате формируется сложная по составу и структуре углеродная матрица, содержащая как упорядоченные, так и аморфные формы углерода [2, с. 370].

По химическому составу сырой нефтяной кокс является поликомпонентной системой с преобладанием углерода, однако в его структуре сохраняется значительное количество связанного водорода и гетероатомов (таблица 1). Наличие водородсодержащих и кислородсодержащих функциональных групп обуславливает высокую реакционную способность материала и склонность к газовой выделению при нагреве. Сера и азот, унаследованные от исходной нефти, концентрируются в твёрдом остатке и определяют экологические и технологические ограничения при дальнейшем использовании кокса [3, с. 29].

Таблица 1 – Элементный состав сырого нефтяного кокса

Показатель	Содержание, % масс.
Углерод (C)	85–90
Водород (H)	3–5

Сера (S)	1–6
Азот (N)	0,5–2,0
Кислород (O)	1–3
Зольность	0,2–1,0

Физические свойства сырого нефтяного кокса во многом определяются его пористой структурой и наличием летучих веществ (таблица 2). Материал имеет сравнительно низкую истинную плотность и высокую открытую пористость, что способствует интенсивному газовыделению и изменению объёма при нагреве. Такая структура делает сырой кокс механически менее прочным и чувствительным к температурным воздействиям.

Таблица 2 – Основные физические свойства сырого нефтяного кокса

Показатель	Значение
Содержание летучих веществ, %	8–15
Истинная плотность, г/см ³	1,3–1,6
Насыпная плотность, г/см ³	0,7–0,9
Пористость	высокая
Электрическое сопротивление	высокое

Необходимым этапом подготовки к использованию товарного нефтяного кокса является процесс его прокаливания. Процесс позволяет упорядочить структуру кокса, что приводит к улучшению качества и значительно повышает его товарную стоимость. В ходе процесса прокаливания сложные полиароматические структуры подвергаются глубоким физико-химическим превращениям, сопровождающимся дегазацией, конденсацией и ароматизацией углеродной матрицы. Часть углеводородов переходит в газообразные и жидкие продукты, используемые в дальнейшем как топливное или химическое сырьё, а оставшаяся твёрдая фаза концентрируется в виде нефтяного кокса [4, с. 80].

Сырой нефтяной кокс прокаливают во вращающихся барабанных печах. Схема вращающейся печи представлена на рисунке 1. Вращающаяся печь представляет собой стальную трубу диаметром 3,0–4,0 м и длиной 45–60 м, футерованную внутри огнеупором. Печь имеет наклон и медленно поворачивается, чтобы пропустить кокс через печь со временем пребывания 45–60 мин. Прокаленный кокс выходит из печи при температуре от 1200 до

1350 °С и обычно охлаждается путем прямого охлаждения водой во вращающемся охладителе [5, с. 88].

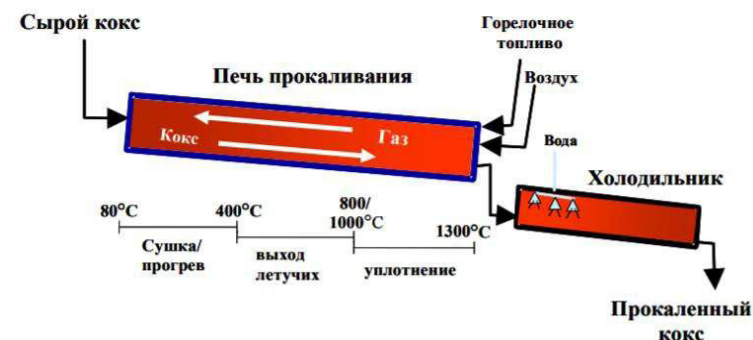


Рисунок 1 – Вращающаяся барабанная печь для прокаливания нефтяного кокса

Ключевым этапом является прокаливание кокса в печи, где сырой нефтяной кокс подвергается высокотемпературной обработке при температурах порядка 1200–1400 °С. В печи происходит последовательное удаление влаги и летучих веществ, термическое разложение остаточных органических соединений и упорядочение углеродной структуры. Именно на этой стадии формируются основные физико-химические свойства прокаленного кокса – плотность, пористость, электропроводность и термическая стабильность. Равномерность температурного поля и время пребывания кокса в зоне высоких температур оказывают решающее влияние на однородность структуры и стабильность качества конечного продукта [6, с. 287].

Прокаленный нефтяной кокс представляет собой углеродный материал, физико-химические свойства которого формируются в результате высокотемпературной термической обработки сырого кокса. С точки зрения химического состава прокаленный нефтяной кокс является высокоуглеродистым материалом с минимальным содержанием водорода, кислорода и летучих компонентов (таблица 3). Удаление функциональных групп и нестабильных органических соединений в ходе прокаливания приводит к увеличению доли элементарного углерода и снижению реакционной способности по отношению к кислороду и другим окислителям. При этом содержание серы и минеральных примесей изменяется

незначительно, поскольку данные компоненты в основном связаны с природой исходного нефтяного сырья [7, с. 457].

Таблица 3 – Элементный состав прокалённого нефтяного кокса

Показатель	Содержание, % масс.
Углерод (C)	97–99
Водород (H)	≤0,5
Сера (S)	1–5
Азот (N)	0,5–1,5
Кислород (O)	≤0,5
Зольность	0,3–1,2

Физические свойства прокалённого кокса существенно отличаются от характеристик сырого материала (таблица 4). В результате термической обработки происходит рост истинной плотности, снижение общей пористости и формирование более однородной углеродной матрицы. Эти изменения способствуют улучшению электрических и теплопроводных свойств кокса, а также повышению его термической устойчивости. [8, с. 103].

Таблица 4 – Основные физические свойства прокалённого нефтяного кокса

Показатель	Значение
Содержание летучих веществ, %	≤0,5
Истинная плотность, г/см ³	2,0–2,1
Насыпная плотность, г/см ³	0,8–1,0
Пористость	умеренная
Электрическое сопротивление	пониженное

Увеличение плотности и снижение пористости свидетельствуют о формировании компактной и устойчивой структуры, обеспечивающей хорошие электрические характеристики прокалённого кокса.

ВЫВОДЫ

Исследование включало сравнительный анализ физико-химических характеристик сырого и прокалённого нефтяного кокса, таких как содержание летучих веществ, элементный состав, плотность, пористость, электропроводность и термическая устойчивость. Установлено, что в процессе прокаливания происходит

удаление летучих компонентов, упорядочение углеродной структуры и формирование стабильных эксплуатационных свойств материала.

По результатам работы показано, что температурный режим прокаливания оказывает решающее влияние на качество прокалённого кокса и его соответствие требованиям алюминиевой промышленности. Полученные выводы подтверждают необходимость научно обоснованного выбора параметров прокаливания с целью повышения качества продукции и снижения энергетических затрат.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Шакенев, Р.К.-К. Применение нефтяного кокса в зависимости от его свойств / Р.К.-К. Шакенев, А.Ж. Касенов // Путь науки. – 2016. – № 1. – С. 11–13.
- 2 Твердохлебов В. П. Нефтяной кокс для алюминиевой промышленности. Технологии и свойства / В. П. Твердохлебов, С. А. Храменко, Ф. А. Бурюшкин, И. В. Павлов, С. Е. Прошкин // Журнал СФУ. Химия. – 2010. – Т 3. – № 4 – С. 369–386. eISSN: 2313-5530.
- 3 Егорова Н. В., Насырова Р. Р., Мишинкин В. Ю., Зимин Ю. С., Кузьмина Е. В., Колосницын В. С. Влияние температуры термообработки в атмосфере азота на физико-химические и электрохимические свойства нефтяного кокса / Н. В. Егорова, Р. Р. Насырова, В. Ю. Мишинкин, Ю. С. Зимин, Е. В. Кузьмина, В. С. Колосницын // Вестник Томского государственного университета. Химия. – № 31 – 2023. – С. 29–41. doi: 10.17223/24135542/31/3.
- 4 Гимаев Р. Н. Нефтяной кокс / Р. Н. Гимаев, И. Р. Кузеев, Ю. М. Абызгильдин – М. : Химия, 1992. – 80 с.
- 5 Кауфман А. А. Отечественные и зарубежные коксовые печи: конструкции и оборудование : учебн. пособие / А. А. Кауфман, Ю. Я. Филоненко. – Изд-во Уральского Университетата, 2013. – 88 с. ISBN 978-5-7996-1129-3.
- 6 Кауфман А. А. Технология коксохимического производства / А. А. Кауфман, Г. Д. Харлампович – М. : ВУХИН-НКА, 1994. – 287 с. ISBN: 5-9900190-2-5.
- 7 Хьюм Ш. Реакционная способность анода / Ш. Хьюм, пер. П. В. Полякова – Красноярск : ООО «Классик центр», 2003. – 457 с.
- 8 Сафронова Е. В., Спиридонов А. В. Исследование физико-механических свойств нефтяного кокса / Е. В. Сафронова, А. В. Спиридонов // Вестник Полоцкого государственного университета.

Серия В. Промышленность. Прикладные науки. Химические технологии. – № 3 –. 2021. – С.103–107.

ВЛИЯНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ВОДОРОДА НА СТАБИЛЬНОСТЬ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ ЛЁГКОЙ НАФТЫ

ЕЛУБАЙ М. А.

к.х.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

АЛЬЖАНОВ Н. С.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Современная нефтепереработка направлена на производство высококачественных моторных топлив, соответствующих экологическим требованиям. Одним из эффективных способов повышения октанового числа бензинов является изомеризация лёгкой нефти, представляющей собой фракцию углеводородов с числом атомов углерода C_5 – C_6 . В процессе изомеризации нормальные парафины превращаются в изопарафины, обладающие более высоким октановым числом. Реакции протекают в присутствии водорода на бифункциональных катализаторах, содержащих благородные металлы. Наличие водорода в реакционной системе играет важную роль, поскольку предотвращает образование кокса и способствует увеличению срока службы катализатора [1, с. 580].

Одним из важных технологических параметров является схема рециркуляции водорода. В зависимости от конструкции установки применяются схемы с полной или частичной рециркуляцией водорода. Выбор схемы оказывает значительное влияние на стабильность катализатора, энергетические затраты и эффективность процесса.

Целью данной работы является анализ влияния рециркуляции водорода на стабильность катализаторов процесса изомеризации лёгкой нефти.

Изомеризация лёгкой нефти представляет собой каталитический процесс, в ходе которого происходит структурное превращение нормальных парафинов в их разветвлённые изомеры. Основные реакции процесса можно представить следующим образом:

- н-пентан → изопентан
- н-гексан → изогексан, 2-метилпентан, 3-метилпентан, 2,2-диметилбутан, 2,3-диметилбутан

Образующиеся изопарафины обладают более высоким октановым числом, что делает их ценными компонентами автомобильных бензинов [2, с.123].

Процесс осуществляется при следующих условиях: температура: 110–160 °С; давление: 3,16 МПа; присутствие водорода; использование платиновых катализаторов [3, с.126].

Катализаторы изомеризации обладают бифункциональными свойствами. Металлическая функция обеспечивает реакции гидрирования и дегидрирования, а кислотная функция отвечает за изомеризацию углеводородов.

Наиболее широко применяются катализаторы на основе платины, нанесённой на оксид алюминия. Такие катализаторы обладают высокой активностью и селективностью, однако чувствительны к образованию кокса и присутствию примесей в сырьё [4, с.44].

Роль водорода в процессе изомеризации. Водород выполняет несколько важных функций в процессе изомеризации: предотвращает образование кокса на поверхности катализатора; гидрирует ненасыщенные соединения; способствует удалению сернистых и азотсодержащих соединений; повышает стабильность работы катализатора.

Образование кокса является одной из основных причин дезактивации катализаторов. Кокс образуется в результате побочных реакций полимеризации и конденсации углеводородов. Наличие водорода снижает скорость этих реакций, что способствует увеличению срока службы катализатора.

Для поддержания необходимой концентрации водорода в реакционной зоне применяется его рециркуляция [5, с.1].

Влияние рециркуляции водорода на стабильность катализатора

В промышленности используются две основные схемы рециркуляции водорода: полная рециркуляция водорода, частичная рециркуляция водорода.

При полной рециркуляции практически весь водород после реактора возвращается в процесс. Это обеспечивает высокую концентрацию водорода в реакционной зоне и способствует снижению скорости образования кокса.

Преимущества данной схемы: высокая стабильность катализатора, снижение скорости его дезактивации, увеличение срока службы катализатора.

Недостатками являются повышенные энергозатраты, связанные с работой компрессоров и систем циркуляции газа.

При частичной рециркуляции только часть водорода возвращается в процесс, а остальная часть удаляется из системы. Такая схема позволяет снизить энергозатраты и упростить технологическую схему установки.

Однако уменьшение концентрации водорода может привести к увеличению скорости образования кокса и ускоренной дезактивации катализатора [6, с.95].

Сравнение технологических схем (таблица 1).

Таблица 1

Параметр	Полная рециркуляция	Частичная рециркуляция
Концентрация водорода	высокая	ниже
Образование кокса	низкое	выше
Стабильность катализатора	высокая	ниже
Энергозатраты	выше	ниже

Таким образом, выбор схемы рециркуляции водорода зависит от требований к эффективности процесса и экономическим показателям установки [7, с.25].

Выводы

Водород играет важную роль в процессе изомеризации лёгкой нефти, предотвращая образование кокса и обеспечивая стабильность катализатора. Рециркуляция водорода позволяет поддерживать необходимую концентрацию водорода в реакционной системе. Полная рециркуляция водорода обеспечивает более высокую стабильность катализатора и снижает скорость его дезактивации. Частичная рециркуляция водорода позволяет снизить энергозатраты, однако может приводить к увеличению образования кокса. Выбор оптимальной схемы рециркуляции должен учитывать, как технологические, так и экономические параметры процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1 Валаварасу Г., Саирэм Б. Обзор процесса изомеризации лёгкой нефти / Г. Валаварасу, Б. Саирэм // Петролиум Сайенс энд Текнолоджи. – Т. 31 – № 6. – 2013. С. 580–595.

2 Айтани А., Ахтар М., Аль-Кхаттаф С., Джин Й. Каталитическое повышение качества лёгкой нефти для получения бензиновых компонентов / А. Айтани, М. Ахтар, С. Аль-Кхаттаф, Й. Джин // Энерджи энд Фуелс. – Т. 33. – 2019. – С. 123–138.

3 Ахмед М., Альотаби М., Альшаммари А. Кинетическая модель изомеризации лёгкой нефти на катализаторе Pt/цеолит / М. Ахмед, М. Альотаби, А. Альшаммари // Джорнал оф Кинг Сауд Университи. Инженеринг Саенсиз. – Т. 34. – 2022. – С. 120–128.

4 Аль-Таббах Б., Давуд М. Синтез и исследование катализатора на основе сульфатированного циркония для процесса изомеризации лёгкой нефти / Б. Аль-Таббах, М. Давуд // Джорнал оф Петролиум Рисерч энд Стадиз. – № 34. – 2022. – С. 44–52.

5 Гхадери З., Пейрови М., Парсафард Н. Изомеризация н-гептана на платиновом катализаторе на микропористых носителях / З. Гхадери, М. Пейрови, Н. Парсафард // БМС Кемистри. – Т. 15. – 2021. – С. 1–12.

6 Ханиф М., Нисар С., Рашид У. Современные тенденции повышения октанового числа бензина методом изомеризации нефти / М. Ханиф, С. Нисар, У. Рашид // Апплайд Петрохимикал Рисерч. – Т. 8. – 2018. – С. 93–102.

7 Хе К. Значение процесса изомеризации и его виды в нефтепереработке / К. Хе // Джорнал оф Петролиум Инженеринг энд Биотехнолоджи. – Т. 5. – 2022. – С. 25–30.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА НЕФТЯНЫХ СМЕСЕЙ НА ВЫХОД И КАЧЕСТВО СВЕТЛЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ

РЫНДИН В. В.

к.т.н., ассоциированный профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ТАСАМБАЕВ Т. А.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

ЖЕТПІС Ә. А.

магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье исследуется взаимосвязь между химическим составом сырой нефти и эффективностью её первичной переработки. Проведен анализ влияния группового состава углеводородов на выход светлых нефтепродуктов. Представлен расчет физико-химических параметров смеси нефтей различных месторождений

Казахстана, а также математическая модель расхода водорода в процессе гидроочистки сернистых соединений. Работа актуальна для оптимизации технологических режимов Павлодарского нефтехимического завода в условиях изменения ресурсной базы [1].

Нефтехимическая отрасль Казахстана сегодня сталкивается с необходимостью переработки тяжелых и высокосернистых нефтей. С точки зрения естественных наук, нефть – это сложная коллоидно-дисперсная система, химические свойства которой определяются соотношением парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов. Изменение состава входящего сырья на НПЗ напрямую влияет на термодинамику процессов ректификации и каталитического облагораживания, что требует точного аналитического прогнозирования [2].

Физико-химическая характеристика компонентов сырья. Качество светлых дистиллятов (бензиновых и дизельных фракций) зависит от молекулярной структуры исходного сырья.

1. Алканы (парафины): Присутствие нормальных алканов в дизельных фракциях повышает цетановое число, но ухудшает низкотемпературные свойства (температуру застывания).

2. Цикланы (нафтены): Являются идеальным сырьем для каталитического риформинга с целью получения ароматических углеводородов и водорода.

3. Ароматические соединения: Повышают октановое число бензина, однако их содержание в топливах стандарта К5 ограничено из-за высокой токсичности продуктов сгорания.

Для Павлодарского региона характерна переработка смеси западноказахстанской нефти и сырья месторождений Кумкольской группы. Эти нефти существенно различаются по содержанию гетероатомных соединений (серы, азота) и смолисто-асфальтеновых веществ [3].

Расчет физико-химических параметров нефтяной смеси

При смешивании легкой (Тенгизской) и более тяжелой (Кумкольской/Узеньской) нефтей свойства смеси часто проявляют неаддитивный характер. Проведем расчет основных показателей для смеси в соотношении 60/40 [4].

Исходные данные:

Компонент А (Легкая): Плотность, Содержание серы, Выход светлых

Компонент Б (Тяжелая): Плотность, Содержание серы, Выход светлых

Расчет средней плотности смеси ():

$$\rho = x_1 * \rho_1 + x_2 * \rho_2 = 0.6 * 815 + 0.4 * 870 = 489 + 348 = 837 \text{ кг/м}^3$$

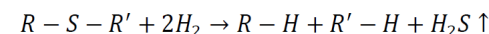
Расчет теоретического выхода светлых нефтепродуктов (до 350 °C):

$$W = x_1 * W_1 + x_2 * W_2 = 0.6 * 56 + 0.4 * 44 = 33.6 + 17.6 = 51.2 \%$$

Таблица 1 – Физико-химические свойства смеси нефтей

Показатель	Нефть А (60%)	Нефть Б (40%)	Смесь (Расчет)
Плотность при 20°C, кг/м³	815	870	837
Содержание серы, % масс.	0,5	1,8	1,02
Выход светлых (до 350°C), %	56,0	44,0	51,2

Химизм очистки и прогноз расхода реагентов. Высокое содержание серы (1,02 % в смеси) требует интенсивной гидроочистки [5]. Химическая реакция десульфуризации заключается в разрыве связей «углерод-сера» и насыщении радикалов водородом:



Для химического контроля процесса важно рассчитать теоретический расход водорода. Согласно стехиометрическим коэффициентам, на удаление 1 кг серы требуется определенный объем водорода. При производительности установки 300 т/час и снижении содержания серы с 1,02 % до 0,001 % (стандарт К5), потребление водорода составит:

$$G_{H_2} = G * (S_{\text{нач}} - S_{\text{кон}}) * k$$

где k = 0.015 коэффициент, учитывающий химическое поглощение и растворимость.

$$G_{H_2} = 300 * (0.0102 - 0.00001) * 0.015 \approx 0.0458 \frac{\text{т}}{\text{час}} \text{ или } 513 \frac{\text{нм}^3}{\text{час}}$$

Этот расчет позволяет химикам-технологам ПНХЗ точно регулировать подачу водородсодержащего газа в зависимости от химического состава нефтяной смеси [6].

Современное состояние и перспективы развития. Перспективы нефтехимии Казахстана связаны с внедрением методов глубокого физико-химического анализа, таких как высокоэффективная жидкостная хроматография и масс-спектрометрия. Это позволит определять не только групповой, но и покомпонентный состав нефти в реальном времени. В прогнозе до 2030 года — переход к нефтехимии замкнутого цикла, где сероводород, полученный при очистке нефти, перерабатывается в элементарную серу и серную кислоту, востребованную в металлургии региона [7].

Закключение. Проведенный физико-химический анализ показал, что изменение углеводородного состава сырьевых смесей напрямую влияет на материальный баланс установки первичной переработки. Расчетный выход светлых нефтепродуктов (51,2 %) и определенный расход водорода на гидроочистку (513 нм³/час) являются основой для оптимизации работы НПЗ. Глубокое изучение химии нефти обеспечивает энергетическую и экологическую безопасность страны, позволяя получать высококачественные топлива из сырья любого химического типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Speight J. G. The Chemistry and Technology of Petroleum / J. G. Speight – 5th Edition. – Boca Raton : CRC Press, 2014. – 953 p.
2. Riazi M. R. Characterization and Properties of Petroleum Fractions / M. R. Riazi – Philadelphia : ASTM International, 2005. – 411 p.
3. Wauquier J. P. Petroleum Refining: Crude Oil, Petroleum Products, Process Flowsheets. / J. P. Wauquier // Paris: Editions Technip. – Vol. 1. – 1995. P. 120–15.
4. Gary J. H., Handwerk G. E., Kaiser M. J. Petroleum Refining: Technology and Economics / J. H. Gary, G. E. Handwerk, M. J. Kaiser – 5th Edition. – New York : CRC Press, 2007. – 488 p.
5. Maples R. E. Petroleum Refinery Process Economics / R. E. Maples – 2nd Edition. – Tulsa : PennWell Books, 2000. – 494 p.
6. ASTM D2892-20. Standard Test Method for Distillation of Crude Petroleum (15-Theoretical Plate Column). // ASTM International. 2020. [Electronic resource]. – URL: <https://www.astm.org/d2892-20.html> [access date 07.03.2026].

7. Linstrom P. J., Mallard W. G. NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69 / P. J. Linstrom, W. G. Mallard // National Institute of Standards and Technology. 2023. [Electronic resource]. – URL: <https://webbook.nist.gov/chemistry/> [access date 07.03.2026].

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЁТА ГОРЯЧЕГО НЕФТЕПРОВОДА В MATHCAD И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЧИСЛА ПУНКТОВ ПОДОГРЕВА

РЫНДИН В. В.

к.т.н., ассоциированный профессор, Торайгыров университет, Павлодар
САХИПОВ Е. С.

магистрант, Торайгыров университет, Павлодар

В статье рассматривается разработка программы расчёта параметров горячего нефтепровода с использованием программного пакета Mathcad. Выполнен анализ тепловых и гидравлических характеристик транспортировки нефти. Представлена математическая модель изменения температуры нефти по длине трубопровода и выполнена оценка возможности снижения количества пунктов подогрева. Работа направлена на повышение энергетической эффективности трубопроводного транспорта нефти и оптимизацию режимов его эксплуатации [1].

Транспортировка высоковязкой нефти по трубопроводам является одной из важных задач нефтегазовой отрасли. Физико-химические свойства нефти оказывают определяющее влияние на процессы её транспортировки. В условиях низких температур окружающей среды происходит охлаждение нефти, что приводит к увеличению её вязкости. Повышенная вязкость существенно увеличивает гидравлическое сопротивление трубопровода и требует дополнительных энергетических затрат на перекачку [2].

Кроме увеличения вязкости, на режим транспортировки существенно влияют плотность, теплоёмкость и теплопроводность нефти, которые определяют скорость её охлаждения и распределение температур по длине трубопровода. Так, высокопарафинистые и тяжёлые нефти остывают быстрее, что требует более частого подогрева или использования дополнительных технологий снижения вязкости. Учёт данных свойств позволяет инженерам корректно

рассчитывать тепловые потери и гидравлическое сопротивление, обеспечивая эффективную эксплуатацию трубопровода при минимальных энергетических затратах [2].

Для решения данной проблемы применяется технология транспортировки горячей нефти. В этом случае нефть нагревается на начальном участке трубопровода, а вдоль трассы располагаются специальные пункты подогрева, поддерживающие необходимую температуру транспортируемого продукта. Однако строительство и эксплуатация таких пунктов требует значительных капитальных и эксплуатационных затрат [3].

Одним из способов повышения эффективности трубопроводного транспорта является оптимизация расстояния между пунктами подогрева. Для решения данной задачи необходимо проведение тепловых и гидравлических расчётов трубопроводной системы [4].

В рамках данной работы была разработана программа расчёта горячего нефтепровода в программной среде Mathcad. Использование данного программного пакета позволяет автоматизировать инженерные расчёты, анализировать температурный режим трубопровода и определять основные параметры транспортировки нефти.

Исходные данные для расчёта трубопровода:

- 1) Длина трубопровода – 120 км.
- 2) Диаметр трубопровода – 0,5 м.
- 3) Начальная температура нефти – 60 °С.
- 4) Температура окружающей среды – 5 °С.
- 5) Плотность нефти – 870 кг/м³.
- 6) Средняя скорость потока – 1,2 м/с.

В процессе транспортировки происходит постепенное снижение температуры нефти вследствие теплообмена с окружающей средой. Для определения изменения температуры нефти вдоль трубопровода используется экспоненциальная зависимость теплопередачи [4].

$$T(x) = T_{cp} + (T_0 - T_{cp}) \times e^{-kx}$$

Снижение температуры приводит к увеличению вязкости нефти и росту гидравлических потерь давления. Потери давления в трубопроводе определяются по формуле Дарси–Вейсбаха [3].

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{d} \times \frac{\rho V^2}{2}$$

Разработанная программа в Mathcad позволяет рассчитывать распределение температуры нефти, определять гидравлические потери давления и оценивать оптимальное расстояние между пунктами подогрева.

Результаты расчёта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение температуры нефти по длине трубопровода

Расстояние, км	Температура нефти, °С
0	60
20	55
40	49
60	44
80	40
100	36
120	33

Полученные результаты показывают, что температура нефти постепенно снижается по мере её движения по трубопроводу. При достижении критической температуры вязкость нефти значительно возрастает, что требует дополнительного подогрева [5].

Проведённый анализ показал, что при оптимизации режима транспортировки возможно увеличение расстояния между пунктами подогрева. Если при традиционной схеме расстояние между ними составляет около 40 км, то при использовании оптимальных параметров оно может быть увеличено до 60 км.

Снижение числа пунктов подогрева позволяет уменьшить капитальные затраты на строительство трубопровода, сократить эксплуатационные расходы и повысить энергетическую эффективность транспортировки нефти.

Заключение. В результате проведённого исследования была разработана программа расчёта горячего нефтепровода в среде Mathcad. Программа позволяет выполнять тепловые и гидравлические расчёты трубопроводной системы и оценивать влияние температурного режима на параметры транспортировки нефти. Полученные результаты показали возможность оптимизации расстояния между пунктами подогрева и снижения их количества.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Алиев З. С. Трубопроводный транспорт нефти и газа / З. С. Алиев – М. : Недра, 2010. – 470 с.

- 2 Лурье М. В. Основы трубопроводного транспорта нефти и газа / М. В. Лурье – М. : Нефть и газ, 2012. – 368 с.
- 3 Чарный И. А. Гидравлика трубопроводных систем / И. А. Чарный – М. : Энергия, 2008. – 288 с.
- 4 Incropera F. Fundamentals of Heat and Mass Transfer / F. Incropera – New York : Wiley, 2011. – 311 p.
- 5 Speight J.G. The Chemistry and Technology of Petroleum / J.G. Speight – CRC Press, 2014. – 214 p.

ТЕХНОЛОГИИ УЛАВЛИВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ CO₂ (CCS): ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ

СНОПКОВ Д. И.

докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар

РАДЕЛЮК И. М.

ассоциированный профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Антропогенные выбросы CO₂, возникающие в результате деятельности человека и продолжающейся зависимости от ископаемого топлива, являются основной причиной глобального потепления [1; 2; 3]. В ответ на Парижское соглашение многие страны взяли на себя обязательства по ограничению роста глобальной температуры и достижению нулевого уровня чистых выбросов к середине XXI века, что требует быстрого перехода к низкоуглеродной экономике [2; 4; 5].

Технология улавливания и хранения углерода (Carbon Capture and Storage, CCS) широко признана одной из ключевых технологий для смягчения последствий изменения климата и глубокой декарбонизации экономики [4; 6]. Она особенно важна для сокращения выбросов при производстве электроэнергии на ископаемом топливе и в трудно декарбонизируемых отраслях, таких как производство цемента, стали и химической продукции, где альтернативные методы сокращения выбросов пока ограничены [1; 6].

CCS включает три основных этапа: улавливание CO₂ из промышленных источников или атмосферы, транспортировку к местам хранения и долгосрочное геологическое хранение в таких формациях, как солёные водоносные горизонты или истощённые нефтегазовые месторождения [3; 5]. Предотвращая попадание CO₂ в атмосферу, CCS может внести значительный вклад в достижение глобальных климатических целей. Однако для достижения целей по

нулевым выбросам к 2050 году её масштабное внедрение должно быть существенно ускорено [6].

1. Современные методы улавливания CO₂

Улавливание CO₂ является наиболее критическим и дорогостоящим этапом в цепочке CCS. Для улавливания диоксида углерода используются различные технологические подходы, включая улавливание после сжигания (post-combustion), улавливание до сжигания (pre-combustion), сжигание в кислородной среде (oxy-fuel combustion), а также новые концепции, такие как химическое циклическое сжигание (chemical looping) [1; 2]. В рамках этих подходов применяются различные физические и химические методы разделения газовых смесей для выделения CO₂ [2].

Технологические подходы к улавливанию CO₂:

– Post-combustion capture (улавливание после сжигания). Этот метод предусматривает отделение CO₂ из дымовых газов после сжигания ископаемого топлива и на сегодняшний день является наиболее зрелой и широко применяемой технологией. Его основным преимуществом является возможность модернизации существующих электростанций и промышленных предприятий. Однако относительно низкая концентрация CO₂ в дымовых газах требует использования крупного технологического оборудования и приводит к значительным энергозатратам на регенерацию растворителей [1; 2].

– Pre-combustion capture (улавливание до сжигания). В данном подходе топливо газифицируется с образованием синтез-газа, состоящего в основном из оксида углерода и водорода. В результате реакции конверсии водяного газа оксид углерода превращается в CO₂ и дополнительный водород, что облегчает отделение CO₂ благодаря более высокой концентрации и давлению. Несмотря на эффективность, эта технология требует сложной инфраструктуры и значительных капитальных затрат [1; 2].

– Oxy-fuel combustion (кислородное сжигание топлива). При кислородном сжигании вместо воздуха используется чистый кислород, в результате чего образуются дымовые газы, состоящие в основном из CO₂ и водяного пара. После удаления воды оставшийся поток CO₂ может быть легко сжат и транспортирован. Однако технология требует энергозатратной установки разделения воздуха для получения чистого кислорода [1; 2].

– Chemical looping (химическое циклическое сжигание). Химическое циклическое сжигание – это развивающаяся

технология, в которой оксиды металлов используются для переноса кислорода в процессе сжигания. Такой процесс позволяет избежать прямого смешивания воздуха и топлива, что потенциально снижает энергетические потери и повышает общую эффективность, хотя технология всё ещё находится на стадии разработки [1].

В системах CCS для отделения CO₂ от газовых смесей используются несколько методов:

– Абсорбция. Абсорбция является одним из наиболее широко применяемых методов разделения и может быть разделена на химическую и физическую абсорбцию. В химической абсорбции обычно используются растворители на основе аминов, такие как моноэтаноламин (MEA), которые обеспечивают высокую эффективность улавливания, однако требуют значительных энергозатрат на регенерацию. Физические растворители, такие как Selexol или Rectisol, обычно применяются при высоких давлениях и низких температурах, особенно в процессах улавливания до сжигания [1; 2].

– Адсорбция. Адсорбция предполагает прикрепление молекул CO₂ к поверхности пористых твёрдых материалов, таких как активированный уголь, цеолиты, силикагель или металлоорганические каркасы (MOFs). Эти материалы обладают большой площадью поверхности и относительно низкими энергозатратами на регенерацию, однако их стабильность и масштабируемость всё ещё остаются проблемой для промышленного применения [2].

– Мембранное разделение. Мембранные технологии разделяют газы на основе различий в их проницаемости через селективные материалы. Они обладают такими преимуществами, как относительно низкое энергопотребление и простота эксплуатации, однако стабильность и селективность мембран остаются проблемой при промышленном использовании [1; 2].

– Криогенное разделение. Криогенные методы отделяют CO₂ путём охлаждения газовых смесей до температуры, при которой CO₂ конденсируется в жидкую фазу. Этот метод эффективен для потоков с высокой концентрацией CO₂, однако в целом требует больших энергозатрат и менее подходит для разбавленных дымовых газов [1; 2].

– Биологическая фиксация. Биологические методы, использующие микроводоросли, также могут улавливать CO₂ посредством фотосинтеза с образованием ценной биомассы. Однако высокие

затраты на культивирование в настоящее время ограничивают их промышленное применение в больших масштабах [2].

2. Транспортировка и хранение CO₂

После улавливания CO₂ необходимо транспортировать к подходящим местам хранения и обеспечить его долгосрочное размещение, чтобы предотвратить выброс в атмосферу. Этот этап требует надежной транспортной инфраструктуры и тщательно оцененных геологических формаций.

CO₂ в основном транспортируется от источников выбросов к местам хранения по трубопроводам или с использованием морских судов [1; 3]:

– Трубопроводный транспорт. Трубопроводы являются наиболее широко используемым методом транспортировки на суше и на короткие или средние расстояния. Для эффективной транспортировки CO₂ сжимают до плотного или сверхкритического состояния. Хотя трубопроводный транспорт характеризуется относительно низкими эксплуатационными затратами, он требует значительных первоначальных инвестиций в инфраструктуру [3; 5].

– Транспортировка морскими судами. Для транспортировки на большие расстояния или к морским [офшорным] местам хранения используется перевозка судами, которая представляет собой более гибкую альтернативу. Подобно транспортировке сжиженных газов, CO₂ перевозится в сжиженном состоянии, однако этот процесс требует дополнительных энергозатрат на сжижение и операции по хранению и перегрузке [3].

Геологическое хранение предполагает закачку сжатого CO₂ глубоко под землю, как правило на глубину более 800–1000 м, в пористые горные породы, перекрытые непроницаемыми покровными слоями (саргоск), которые предотвращают утечку газа [3; 5]. Несколько типов геологических формаций подходят для долгосрочного хранения CO₂:

– Глубокие солёные водоносные горизонты (saline aquifers). Эти формации обладают наибольшей теоретической ёмкостью хранения. CO₂ удерживается в них благодаря нескольким механизмам: структурному удержанию под покровной породой, остаточному удержанию в порах породы, растворению в пластовых водах и долгосрочной минерализации [1; 5].

– Истощённые нефтяные и газовые месторождения. Такие месторождения являются привлекательными объектами для хранения, поскольку они уже доказали способность удерживать

углеводороды на протяжении геологических периодов времени и часто располагают существующей инфраструктурой и геологическими данными. В некоторых случаях закачанный CO_2 также может использоваться для повышения нефте- или газоотдачи пластов [1; 6].

– Угольные пласты. Неразрабатываемые угольные пласты могут использоваться для хранения CO_2 за счёт процессов адсорбции, одновременно позволяя увеличивать добычу метана из угольных пластов. Однако адсорбция CO_2 может вызывать набухание угля, что приводит к снижению проницаемости пласта [1; 3].

– Базальтовые формации. В реакционноспособных породах, таких как базальт, закачанный CO_2 может быстро минерализоваться, образуя стабильные карбонатные минералы. Этот процесс значительно снижает риск долгосрочных утечек [1; 5; 6].

Несмотря на значительный потенциал, геологическое хранение CO_2 требует тщательного контроля для управления такими рисками, как утечки через разломы, трещины или плохо герметизированные скважины. Закачка больших объёмов CO_2 также может повышать давление в пласте и потенциально вызывать индуцированную сейсмическую активность [5; 6].

3. Основные проблемы и перспективы развития CCS

Несмотря на то, что технология CCS широко рассматривается как важный инструмент для достижения глобальных климатических целей, её масштабное внедрение по-прежнему ограничено рядом технических, экономических и нормативных проблем. Тем не менее продолжающиеся исследования и технологические инновации открывают перспективные возможности для её дальнейшего развития.

Основные проблемы и ограничения CCS:

– Высокие капитальные и эксплуатационные затраты. Внедрение технологий CCS требует значительных финансовых инвестиций, особенно на этапе улавливания CO_2 , который является наиболее дорогостоящей частью всего процесса. Модернизация существующих электростанций и промышленных предприятий значительно увеличивает капитальные расходы и приведённую стоимость электроэнергии (LCOE) [4; 6; 7].

– Энергетические потери (energy penalty). Процессы улавливания CO_2 требуют значительных энергозатрат. Например, регенерация аминных растворителей, таких как моноэтаноламин (MEA), потребляет большое количество тепловой энергии, что может снижать общую эффективность электростанций на 20–25 % [2; 7].

– Необходимость развитой инфраструктуры. Масштабное внедрение CCS требует создания обширной инфраструктуры, включая компрессоры CO_2 , трубопроводы и транспортные системы. Кроме того, географическое несоответствие между основными источниками выбросов и подходящими геологическими хранилищами создаёт дополнительные логистические сложности [4; 6].

– Безопасность хранения и экологические риски. Геологическое хранение должно тщательно контролироваться для предотвращения возможных утечек через разломы, трещины или плохо герметизированные скважины. Закачка CO_2 также может повышать давление в пластах, что потенциально может вызывать микросейсмическую активность или влиять на целостность покровных пород (caprock) [5; 6].

– Регуляторные и социальные барьеры. Неформальные факторы, такие как неопределённость долгосрочной ответственности, недостаточно развитые механизмы ценообразования на выбросы углерода и ограниченное общественное принятие, продолжают замедлять внедрение технологии [1; 4].

Перспективы и направления будущего развития:

– Разработка новых сорбентов и материалов. Исследования активно направлены на создание новых материалов с более высокой эффективностью улавливания CO_2 и меньшими энергозатратами. Перспективными вариантами являются усовершенствованные аминные растворители, ионные жидкости, а также твёрдые адсорбенты, такие как металлоорганические каркасы (MOFs), цеолиты и углеродные материалы [2; 3].

– Мембранные технологии. Мембранное разделение рассматривается как масштабируемая и энергоэффективная альтернатива для улавливания CO_2 . Последние разработки включают усовершенствованные смешанно-матричные мембраны и углеродные молекулярно-ситовые мембраны, предназначенные для повышения проницаемости и селективности [2].

– Интеграция с энергетическими системами. В будущем системы CCS могут быть интегрированы с другими энергетическими технологиями, такими как геотермальные системы, топливные элементы и производство водорода. Такие концепции, как биоэнергетика с улавливанием и хранением углерода (BECCS) и прямое улавливание CO_2 из воздуха с последующим хранением (DACCS), рассматриваются как ключевые технологии отрицательных

выбросов, необходимые для достижения целей углеродной нейтральности [2; 4].

– Развитие технологий CCUS. Важным направлением развития является использование улавливаемого CO₂ (Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS). Захваченный CO₂ может преобразовываться в ценные продукты, такие как синтетическое топливо, химические вещества и строительные материалы, что может повысить экономическую эффективность систем CCS [2; 3].

Технологии CCS являются важным инструментом для достижения глубокой декарбонизации и выполнения глобальных климатических целей, определённых Парижским соглашением [1; 4].

Несмотря на значительный мировой потенциал геологического хранения CO₂, текущие темпы внедрения технологий CCS остаются значительно ниже уровня, необходимого для достижения целей углеродной нейтральности к 2050 году. Для масштабного внедрения потребуется существенное развитие инфраструктуры CCS, а также поддерживающие политические механизмы, эффективные системы ценообразования на углерод и международное сотрудничество [4; 6]. Кроме того, ожидается, что CCS будет играть важную роль в реализации технологий отрицательных выбросов, таких как биоэнергетика с улавливанием и хранением углерода (BECCS) и прямое улавливание CO₂ из атмосферы с последующим хранением (DACCS).

Будущие исследования должны быть направлены на повышение эффективности и экономической целесообразности технологий CCS. Приоритетными направлениями являются разработка новых материалов для улавливания CO₂ с меньшими энергозатратами, совершенствование технологий мониторинга и верификации для обеспечения безопасного геологического хранения, а также интеграция систем CCS с другими энергетическими технологиями для повышения общей эффективности энергетических систем [2; 5].

ЛИТЕРАТУРА

1 Lau H. C., Ramakrishna S., Zhang K., Radhamani A. V. The role of carbon capture and storage in the energy transition / H. C. Lau, S. Ramakrishna, K. Zhang, A. V. Radhamani // *Energy & Fuels*. – 2021. – Vol. 35, № 9. – P. 7364–7386.

2 Osman A. I., Hefny M., Abdel Maksoud M. I. A., Elgarahy A. M., Rooney D. W. Recent advances in carbon capture storage and utilisation technologies: a review / A. I. Osman, M. Hefny, M. I. Abdel,

A. Maksoud, A. M. Elgarahy, D. W. Rooney // *Environmental Chemistry Letters*. – 2021. – Vol. 19, № 2. – P. 797–849.

3 Shreyash N., Sonker M., Bajpai S., Tiwary S. K., Khan M. A., Raj S. et al. The review of carbon capture-storage technologies and developing fuel cells for enhancing utilization / N. Shreyash, M. Sonker, S. Bajpai, S. K. Tiwary, M. A. Khan, S. Raj et al // *Energies*. – 2021. – Vol. 14, № 16. – P. 4978.

4 Martin-Roberts E., Scott V., Flude S., Johnson G., Haszeldine R. S., Gilfillan S. Carbon capture and storage at the end of a lost decade / E. Martin-Roberts, V. Scott, S. Flude, G. Johnson, R. S. Haszeldine, S. Gilfillan // *One Earth*. – 2021. – Vol. 4, № 11. – P. 1569–1584.

5 Loschetter A., Kervévan C., Stead R., Le Guénan T., Dezayes C., Clarke N. Integrating geothermal energy and carbon capture and storage technologies: A review / A. Loschetter, C. Kervévan, R. Stead, T. Le Guénan, C. Dezayes, N. Clarke // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2025. – Vol. 210. – P. 115179.

6 Ma J., Li L., Wang H., Du Y., Ma J., Zhang X., Wang Z. Carbon capture and storage: history and the road ahead / J. Ma, L. Li, H. Wang, Y. Du, J. Ma, X. Zhang, Z. Wang // *Engineering*. – 2022. – Vol. 14. – P. 33–43.

7 Mikunda T., Brunner L., Skylogianni E., Monteiro J., Rycroft L., Kemper J. Carbon capture and storage and the sustainable development goals / T. Mikunda, L. Brunner, E. Skylogianni, J. Monteiro, L. Rycroft, J. Kemper // *International Journal of Greenhouse Gas Control*. – 2021. – Vol. 108. – P. 103318.

МАЗМҰНЫ

Заманауи инженерлік инновациялар мен технологиялар
Современные инженерные инновации и технологии

Секция 14

Тау-кен өндірісі мен металлургиядағы заманауи
инженерлік инновациялар мен технологиялар
Современные инженерные инновации
и технологии в горном деле и металлургии

Абдрахманов Е. С., Уалиханов Е. М. Модернизация узла перемешивания механического декомпозиёра на базе АО «Алюминий Казахстана»	3
Бакиров А. Г., Амосова Л. Р. Современное состояние проблемы образования и переработки золошлаковых отходов в Республике Казахстан и мире	6
Дейграф И. Э., Жунусов А. К., Быков П. О., Заякин О. В. Исследование вовлечения золошлаковых отходов в металлургические переделы	12
Жаксыбаев Н. А., Абдрахманов Е. С. Таскарина А.Ж., Кулумбаев Н. К. Эволюция технологий и оборудования переработки алюминиевого шлака.....	18
Zhakan A., Zhunusov A., Makhambetov Ye. Current State of Coal Production in Kazakhstan and The Issue of Coal Waste Generation	24
Маздубай А. В., Шилов А. А. Разработка мероприятий по снижению вибрации и продлению срока службы технологических насосов	29
Төлжақыр Р. Т., Ахметов А. С., Жунусов А. К., Заякин О. В. Металлотермиялық тотықсыздандыру әдісі арқылы индукциялық пеште болатты хроммен тікелей легірілеу	34
Тюлюбаев Р. А., Жунусов А. К. Исследование процесса гранулирования алюминиевых шлаков	41

Секция 15

Машина жасау саласының дамуының
ғылыми-техникалық аспектілері
Научно-технические аспекты развития
машиностроительной отрасли

Вавилов А. В., Роговский В. В., Васильков Д. С. Влияние конструкции смесителя для приготовления кормовых добавок на основе отходов производства.....	47
Оноприенко В. И., Шумейко И. А. Особенности безэквидистантного программирования обработки деталей на токарном станке модели CK5162C системой чпу «FANUC»..	54
Порохов А. А., Итыбаева Г. Т. Современные методы повышения точности и производительности при обработке корпусных деталей на многоцелевых станках типа обрабатывающий центр.....	60
Саубенов А. Г., Итыбаева Г. Т. Анализ влияния режимов трения на износ деталей машин и методы его снижения.....	67
Шиль А. В. , Шумейко И. А., Сапинов Р. В. Сравнительный анализ систем числового программного управления Heidenhain, Siemens и Fanuc при программировании обработки на фрезерных станках	71

Секция 14

Көлік кешенінің инновациялық дамуының
ғылыми-техникалық аспектілері
Научно-технические аспекты инновационного
развития транспортного комплекса

Абаева Ж. Д. Электр көліктеріндегі инновациялық энергетикалық жүйелер	79
Байгунусов А. Ж., Молдаханов Б. А., Дудкин М. В. Серіппелі-роторлы диірмендегі ұсақтау процесін басқару үшін жасанды интеллект әдістерін қолдану	83
Байгушкарлова А. Б. Совершенствование транспортно-экспедиционной деятельности в условиях цифровой трансформации на основе интеллектуальных информационных технологий.....	90
Bakyt G. B., Tleuzhanov B. B., Muzdybayeva A. S., Ibrayev B. M. Use of Hydrogen for Partial Substitution of Diesel Fuel in Diesel Engines: Possibilities and Limitations.....	97

Гарбовский В. В., Абишев К. К.

Совершенствование конструкции топливной системы дизельных двигателей путем внедрения модуля электромагнитной подготовки технических жидкостей 107

Евфратов Д. Ж., Булатов Н. К.

Анализ интеллектуальных алгоритмов управления гибридным ДВС при переходных режимах рестарта 110

Жасымбеков А. С.

Исследование факторов, влияющих на риск опрокидывания грузовых автомобилей при маневрировании 117

Искаков К. М., Сембаев Н. С., Искаков Д. К.

Разработка методики интеллектуального анализа технического состояния тележек грузовых вагонов на основе статистических имитационных моделей 123

Қабиден А. М., Голоцван И. С.,

Онғархан М. Сұлейменов А. Д., Зарипов Р. Ю.

Восстановление деталей путём нанесения гальванических покрытий ..127

Кокин С. Б., Сарманова К. Б.

Совершенствования механической части автотормозов железнодорожных грузовых вагонов.....130

Романенко Д. В.

Оптимизация транспортно-логистической инфраструктуры как фактор повышения эффективности международных транспортных коридоров и транзитного потенциала Казахстана 134

Серик Д. А., Абишев К. К.

Разработка и оптимизация конструкции ковша экскаватора для работы в тяжелых грунтах 139

Шибинский К.В., Сапарғалиев А., Зарипов Р. Ю.

Разработка и анализ конструкции универсальной платформы для автомобилей повышенной проходимости 144

Секция 17

Стандарттау, метрология және сертификаттаудың дамуының ғылыми-техникалық аспектілері
Научно-технические аспекты развития стандартизации, метрологии и сертификации

Айтматова А. Т., Курманғалиева Д. Б.

Принцип научной обоснованности в регулировании пищевых добавок в ЕАЭС 146

Секция 18

Қазақстан мен әлемнің мұнай-газ саласының ағымдағы жағдайы, болжамы және мүмкіндіктері
Текущее состояние, прогноз и возможности нефтегазовой отрасли Казахстана и мира

Асылхан Д. А.

Совершенствование режимов эксплуатации магистрального нефтепровода.....152

Асылхан Д. А.

Оптимизация работы магистрального нефтепровода 160

Бигалиев Б. Т.

Типы присадок для дизельного топлива, автобензинов, ингибиторов коррозии и других реагентов, применяемых на НПЗ Казахстана.....167

Рындін В. В., Журкомбаев Р. Б., Жетпіс Ә. А.

Трансформация экспортного потенциала нефтегазовой отрасли казахстана: технологические вызовы и прогноз до 2030 Года.....172

Рындін В. В., Балғужин Т. Д.

Многоуровневая система принятия решений на основе нечёткой логики для классификации аварий в трубопроводах.....176

Рындін В. В., Балғужин Т. Д.

Прогнозирование утечек на магистральных нефтепроводах путем применения технологии цифровых двойников.....180

Ryndin V. V., Al-Kadhimi.A.

Improving the System of Maintenance and Diagnostics of Pumping Equipment Based on the Analysis of Operating Data.....185

Титова А. Н., Абдуллина Г. Г.

Бейсембаев М. К., Айгожина Д. Г.

Влияние роста газового фактора и двухфазного течения на эксплуатационные ограничения нефтесборной сети месторождения Тенгиз после реализации проектов FGP и WPMP 190

Шершнёв А. В., Абдуллина Г. Г.

Модернизация кожухотрубных теплообменных аппаратов путём улучшения конструктивного исполнения межтрубного пространства..194

**Жаратылыстану ғылымдары
Естественные науки**

**Секция 19
Биологияның өзекті мәселелері
Актуальные проблемы биологии**

Абдрахманова М. А., Жумабекова Б. К. Эффективность моделирования в развитии профессиональных и когнитивных компетенций будущих учителей биологии.....	200
Абдрахманова М. А., Жумабекова Б. К. Моделирование как инструмент решения проблем преподавания биохимии и молекулярной биологии в подготовке будущих учителей биологии.....	204
Акпарова Г. Е., Корогод Н. П. Эффективность дифференцированного оценивания учащихся с ООП на уроках биологии	208
Аубакиров Р. Н., Чидунчи И. Ю. Сезонные и пространственные особенности синантропных зимующих птиц в урбанизированной среде Павлодара.....	212
Багинова Г. Ж. Адаптационные механизмы escherichia COLI к стрессовым условиям: температурные и химические воздействия	217
Голоденко В. В. Методы исследования остеологического материала SAIGA TATARICA в коллекциях археологических памятников	222
Даиров А. К. JAK/STAT в патогенезе псориаза: от молекулярных механизмов к терапии.....	227
Даиров А. К. Положительные и отрицательные поверхностные маркеры мезенхимальных стволовых клеток	232
Даиров А. К. Поверхностные маркеры экзосом мезенхимальных стволовых клеток	237
Дәулет З. Қ., Мапитов Н. Б. Определение гранулометрического состава почвы с использованием текстурного треугольника	243
Jussupkaliyeva A. E., Akhelova Sh. L. Floristic distribution of tragopogon species across biosphere reserves of the Republic of Kazakhstan	250
Еділбек Ж. М., Ибадуллаева С. Ж. Оқушылардың зерттеу дағдыларын қалыптастыру үшін мектептегі биологиялық экспериментті қолдану.....	254

Жантенова Ж. А. Май районының ертіс өзенінің және оның жайылмасындағы су қоймаларындағы балықтар гельминтофаунасы.....	259
Жумасанов С.С., Тәжібаева Н. Б. Биология сабағында проблемалық оқыту әдісінің тиімділігі: тәжірибе және ұсыныстар – проблемалық сұрақтар арқылы оқушылардың сыни ойлауын дамыту.....	266
Кожанова А. Е., Абдыманова А. Б., Сансызбаева М. Д. Реализация концепции «Зеленая школа» через проектную деятельность на учебно-опытном участке.....	271
Коппаев А. Е., Осипова А. В., Уалиева Р. М. Возможности применения гиперспектральной визуализации для идентификации болезней пшеницы	278
Корогод Н. П., Борщевская К. М. Дидактический потенциал модели 5-е в изучении кровеносной системы беспозвоночных животных.....	283
Канатбек Д. Д., Ескельдинова Ж. К., Атимтайқызы А. Региональные особенности макроскопических признаков MENTHA SPICATA L.....	290
Тусуппаева У. О. Классификация и особенности распространения адвентивных видов растений Павлодарской области (на примере CYCLACHAENA XANTHIIFOLIA).....	294
Шайзадаева Ф. С., Жумагулова К. А. Орта мектеп биологиясында экологиялық білім мен тәрбиені қалыптастырудың әдіснамалық және әдістемелік негіздері.....	298
Шижбанова А. М. Использование искусственного интеллекта (ИИ) на уроках биологии в лабораторно-практических работах	302

**Секция 20
Денсаулық сақтау сұрақтарына заманауи көзқарастар
Современные подходы в вопросах здравоохранения**

Иманбай С. М. ВВР-К Реакторы негізінде сирек жер элементтерінің радионуклидтеріне талдау және олардың ядролық медицинадағы тиімділігі.....	308
--	-----

Секция 21

Денсаулық сақтау сұрақтарына заманауи көзқарастар
Современные подходы в вопросах здравоохранения

Азамат А. С.	
Шумен ластану және оның салдары	313
Арынова Ш. Ж., Дюсембай Ә. Н.	
Анализ загрязнения атмосферного воздуха павлодарской области: результаты наблюдений и тенденции	317
Аубакирова Р. Т.	
Экологические проблемы Павлодарской области	323
Karazova M. M., Ramazanova M. D., Tuleutayeva T. B.	
Assessment of the Development Potential of the E-Waste Management Sector in Kazakhstan.....	331
Қайрулла Н. Б.	
Тағам өнімдеріндегі нитраттардың жиналуы және олардың адам денсаулығына әсерінің экологиялық аспектілері	335
Қалық С. С., Арынова Ш. Ж.	
Урбандалған экожүйелеріндегі атмосфералық ауа сапасын биоиндикациялауда ағаш тектес өсімдіктердің рөлі	340
Шарипова З. А., Сарсекеева А. Ж.	
Зелёный город начинается с семени	345
Шарипова К. Б., Арынова Ш. Ж., Шарипова А. К.	
Определение примесей железа в первичном алюминии	349
Шоманова Ж. К., Айгожина Ж. М.	
Экологиялық мониторингте жасанды интеллектті қолдану: Малыбай ауылының су және топырақ үлгілеріндегі ауыр металдарды зерттеу	355

Секция 22

Қәсіпорындардағы өнеркәсіптік қауіпсіздік
Промышленная безопасность на предприятии

Арынова Ш. Ж., Антоненко А. А.	
Концепция интегрированных систем безопасности на промышленных предприятиях с непрерывным циклом производства	362
Арынова Ш. Ж., Кайкенов А. К.	
Комплексный анализ феномена «SCHOOL SHOOTING» в системе глобальной безопасности образования.....	368
Арынова Ш. Ж., Нұрғали Е. Е.	
Сравнительный анализ уровня культуры безопасности труда на предприятиях нефтехимической отрасли	373

Арынова Ш. Ж., Амантай М. Е.

Комплексная оценка экологических последствий и ущерба от пожаров в жилом секторе города Павлодар	380
Ахметов К. И., Олжабаев А. С.	
Анализ причин травматизма при работах в ограниченных замкнутых пространствах	383
Ахметов К. И., Бакенов Т. С.	
Интеллектуальный анализ данных в мультисенсорных системах пожарообнаружения.....	388
Yessenaliyev O. A.	
Machine learning-based attack detection in iiot transportation systems using the CICIoV2024 dataset	395

Секция 23

Географиялық зерттеулердің заманауи аспектілері
Современные аспекты географических исследований

Аксанбаева Г. М., Алиаскаров Д. Т.	
Жобалық оқыту әдісі арқылы оқушылардың зерттеушілік дағдыларын дамытудың теориялық негіздері.....	403
Кенесова Д. С., Ажаев Г. С.	
Оценка транзитного потенциала и направления развития транспортного комплекса павлодарской области.....	411
Косареvская Е. В., Егинбаева А.Е.	
Перспективы и барьеры внедрения концепции «умного города» в условиях среднеразмерного города Павлодар	416
Кусаннова Г. А., Ажаев Г. С.	
Әлеуметтік инфрақұрылым халықтың өмір сапасының факторы ретінде (Павлодар қаласы мысалында талдау).....	422
Мухаметкалиев А. Т., Егинбаева А. Е.	
Географические факторы формирования топонимов на примере железинского района Павлодарской области	429
Федотов Е. Д., Егинбаева А. Е.	
Формирование региональных промышленных кластеров в Казахстане: теоретические основы и международный опыт.....	433

Секция 24

Туризм ел дамуындағы перспективалық салалардың бірі ретінде
Туризм как одна из перспективных отраслей в развитии страны

Kutay O., Manap D. E.	
Evaluation of Kazakhstan's tourism product marketing strategy in the global market	442

Муфасалова А. А., Кутай О.

Индустрия гостеприимства в странах Узбекистан и Кыргызстан: опыт и перспективы применения в Казахстане 448

Усенов И. Б., Октай К.

Развитие конгресс-туризма в Казахстане: сравнительный анализ с зарубежными странами и государствами Центральной Азии 459

Секция 25

**Химия, химия және мұнай-химия саласының
қазіргі жағдайы мен даму перспективалары
Современное состояние и перспективы развития химии,
химической и нефтехимической отрасли**

Ахметкалиева Р.

Касательно практики использования виртуальных анализаторов в нефтеперерабатывающей отрасли 477

Елубай М. А., Толегенов Д. Т., Маусумбаев С. С.

Влияние химического состава и структуры техногенных отходов на свойства композиционных материалов 481

Елубай М. А., Сторожева К. Г.

Сравнительный анализ сырого и прокаленного нефтяного кокса по показателям качества 487

Елубай М. А., Альжанов Н. С.

Влияние рециркуляции водорода на стабильность катализаторов процесса изомеризации лёгкой нефти 494

Рындин В. В., Тасамбаев Т. А., Жетпіс Ә. А.

Физико-химический анализ влияния углеводородного состава нефтяных смесей на выход и качество светлых дистиллятов 497

Рындин В. В., Сахипов Е. С.

Разработка программы расчёта горячего нефтепровода в Mathcad и оценка возможности снижения числа пунктов подогрева 501

Снопков Д. И., Раделюк И. М.

Технологии улавливания и хранения CO₂ (CCS): обзор современных методов 504

«XXVI СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫ» АТТЫ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ МАТЕРИАЛДАРЫ

Х том

Техникалық редактор З. С. Искакова

Корректор: Д. А. Кожас

Компьютерде беттеген: З. Ж. Шокубаева

Басуға 25.04.2026 ж.

Өріп түрі Times.

Пішім 29,7 × 42 1/4. Офсеттік қағаз.

Шартты баспа табағы 29,9. Таралымы 500 дана.

Тапсырыс № 4546

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университеті» КЕАҚ
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64.