e-ISSN(Online) 2709-1201

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ENDLESS LIGHT IN SCIENCE



NO 9
30 СЕНТЯБРЯ 2026
Астана, Казахстан

Irc-els.com

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ENDLESS LIGHT IN SCIENCE»

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «ENDLESS LIGHT IN SCIENCE»

Main editor: Y. Abiyev

Editorial colleague:
B. Kuspanova
Sh Abyhanova

International editorial board:
R. Stepanov (Russia)
T. Khushruz (Uzbekistan)
A. Azizbek (Uzbekistan)
F. Doflat (Azerbaijan)

International scientific journal «Endless Light in Science», includes reports of scientists, students, undergraduates and school teachers from different countries (Kazakhstan, Tajikistan, Azerbaijan, Russia, Uzbekistan, China, Turkey, Belarus, Kyrgyzstan, Moldova, Turkmenistan, Georgia, Bulgaria, Mongolia). The materials in the collection will be of interest to the scientific community for further integration of science and education.

Международный научный журнал «Endless Light in Science», включают доклады учёных, студентов, магистрантов и учителей школ из разных стран (Казахстан, Таджикистан, Азербайджан, Россия, Узбекистан, Китай, Турция, Беларусь, Кыргызстан, Молдавия, Туркменистан, Грузия, Болгария, Монголия). Материалы сборника будут интересны научной общественности для дальнейшей интеграции науки и образования.

30 сентября 2026 г.
Астана, Казахстан

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-3-10

ТРУБНАЯ БЕРЕМЕННОСТЬ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ

СЫДЫКОВА МАХИНУР ТУРГАНЖАНОВНА
Магистрант Высшей школы общественного здравоохранения
Алматы, Казахстан

Аннотация: *Трубная беременность является наиболее распространённой формой внематочной беременности и сохраняет высокую клиническую значимость вследствие риска разрыва маточной трубы, внутрибрюшного кровотечения и нарушения репродуктивной функции. Целью настоящего литературного обзора является систематизация современных данных о факторах риска, патогенезе, клинических проявлениях, диагностике и лечении трубной беременности. Рассмотрены возможности трансвагинального ультразвукового исследования и динамического определения β-ХГЧ при ранней диагностике, а также основные подходы к выжидательной, медикаментозной и хирургической тактике. Особое внимание уделено применению метотрексата, сальпингэктомии и сальпинготомии, а также их влиянию на последующую репродуктивную функцию. Рассмотрены современные данные о повторной внематочной беременности и психоэмоциональных последствиях заболевания. Показана необходимость индивидуального выбора тактики с учетом гемодинамического состояния пациентки, характеристик беременности, состояния контралатеральной трубы и возможности последующего наблюдения.*

Ключевые слова: *трубная беременность, внематочная беременность, диагностика, β-ХГЧ, метотрексат, сальпингэктомия, сальпинготомия.*

Введение

Внематочная беременность представляет собой имплантацию эмбриона вне полости матки и относится к наиболее значимым неотложным состояниям в гинекологии ранних сроков беременности. Наиболее частой локализацией является маточная труба, поэтому трубная беременность составляет основную часть всех внематочных беременностей. Несмотря на существенное совершенствование ультразвуковой диагностики, лабораторного мониторинга β-субъединицы хорионического гонадотропина человека (β-ХГЧ), медикаментозного и малоинвазивного хирургического лечения, трубная беременность сохраняет клиническую значимость из-за риска разрыва трубы, гемоперитонеума, геморрагического шока и потери репродуктивной функции [1–4].

Актуальность проблемы определяется не только непосредственной угрозой жизни женщины. Перенесенная трубная беременность может быть связана с повторной внематочной беременностью, бесплодием, необходимостью вспомогательных репродуктивных технологий и выраженными психологическими последствиями. Поэтому современная стратегия ведения должна учитывать как безопасность в остром периоде, так и долгосрочные репродуктивные и психосоциальные исходы [1,5–7].

Цель настоящего литературного обзора — систематизировать современные данные о трубной беременности, включая факторы риска и патогенетические механизмы, клинические проявления, возможности ранней диагностики, критерии выбора выжидательной, медикаментозной и хирургической тактики, а также влияние различных методов лечения на последующую фертильность.

Результаты исследования

Эпидемиология и клиническое значение трубной беременности

Внематочная беременность встречается примерно у 1–2% беременностей, а около 95% случаев внематочная беременность имеют трубную локализацию [1,3]. Среди трубных

беременностей наиболее часто поражается ампулярный отдел трубы, реже имплантация происходит в истмическом, фимбриальном и интерстициальном отделах. Локализация имеет значение для клинического течения: анатомические особенности различных сегментов трубы определяют возможность её растяжения, сроки появления симптомов и особенности кровотечения при нарушении целостности.

Трубная беременность является ведущей причиной материнской заболеваемости и смертности в первом триместре в тех регионах, где доступ к ранней диагностике и лечению ограничен. В современных условиях смертность значительно снизилась благодаря раннему использованию трансвагинального ультразвукового исследования и количественного определения β-ХГЧ, однако риск тяжёлого кровотечения сохраняется при позднем обращении, диагностической неопределённости или быстром прогрессировании заболевания [1,2].

Отдельную клиническую проблему составляет тот факт, что трубная беременность не всегда сопровождается классическими симптомами. Женщина может обратиться без выраженной боли, а диагноз устанавливается при обследовании по поводу задержки менструации или положительного теста на беременность. Следовательно, отсутствие выраженных жалоб не должно рассматриваться как достаточное основание для исключения заболевания [1,3].

Этиология и патогенез

В норме после оплодотворения эмбрион перемещается по маточной трубе в полость матки, где происходит имплантация в эндометрий. Транспорт эмбриона обеспечивается согласованной работой реснитчатого эпителия, перистальтическими сокращениями трубы и локальными молекулярными взаимодействиями. Нарушение любого из этих механизмов может привести к задержке эмбриона и его имплантации в трубной стенке [3].

Современная концепция патогенеза рассматривает трубная беременность как результат взаимодействия нескольких факторов. Повреждение реснитчатого эпителия после воспалительных заболеваний органов малого таза, особенно при инфекции Chlamydia trachomatis, может нарушать транспорт эмбриона. Спаечный процесс и хирургические вмешательства на трубах изменяют анатомию и проходимость труб. Дополнительное значение имеют изменения моторики трубы, гормонального микроокружения и взаимодействия трофобласта с тканями маточной трубы [3].

Таким образом, трубная беременность является не только следствием механической обструкции трубы. Современные данные указывают на более сложный патофизиологический процесс, включающий воспаление, изменение функции ресничек, нарушение транспорта эмбриона и особенности локального взаимодействия эмбриона с трубным эпителием [3].

Факторы риска

К наиболее значимым факторам риска относятся перенесённая внематочная беременность, воспалительные заболевания органов малого таза, повреждение или хирургическое вмешательство на маточных трубах, бесплодие и некоторые методы вспомогательной репродукции [3].

Предшествующая внематочная беременность является одним из наиболее клинически значимых факторов. После эпизода трубной беременности риск повторной внематочной беременности существенно возрастает. Согласно современному обзору, женщины с анамнезом трубной беременности имеют примерно в шесть раз более высокий риск последующей внематочной беременности по сравнению с женщинами после самопроизвольного выкидыша; риск также выше при субфертильности и воспалительных заболеваниях органов малого таза [3].

Инфекции органов малого таза могут приводить к повреждению реснитчатого эпителия и нарушению транспорта эмбриона. Значимым фактором также является курение, которое связывают с изменениями функции маточных труб и ресничек [3].

Отдельного внимания заслуживает использование вспомогательных репродуктивных технологий. После ЭКО риск эктопической беременности зависит от трубного фактора бесплодия, состояния маточных труб, особенностей лечения и других характеристик пациентки. Метаанализ факторов риска после ЭКО показал, что ряд характеристик пациентки и цикла ассоциирован с вероятностью эктопической беременности [8].

При этом отсутствие факторов риска не исключает ТБ. Поэтому факторы риска следует использовать для формирования клинической настороженности, а не как диагностический критерий.

Клиническая картина

Классическими симптомами трубной беременности считаются задержка менструации, боли в нижних отделах живота и кровянистые выделения из половых путей. Однако выраженность симптомов значительно варьирует. В ранних стадиях заболевание может протекать практически бессимптомно, тогда как при разрыве трубы появляются интенсивная боль, слабость, головокружение, тахикардия, снижение артериального давления и признаки внутрибрюшного кровотечения [1,3].

Клиническое течение зависит от локализации и срока беременности, степени инвазии трофобласта, состояния сосудов трубы и наличия или отсутствия разрыва. При прогрессировании беременности растяжение трубной стенки может привести к нарушению её целостности и гемоперитонеуму.

Особую опасность представляет разрыв трубы, поскольку кровотечение может быть быстрым и массивным. В систематическом обзоре и метаанализе 17 исследований с участием 5269 женщин объединенная частота разрыва среди случаев трубной беременности составила 56,4%, однако показатель характеризовался выраженной неоднородностью между исследованиями. С разрывом были связаны, в частности, уровень β-ХГЧ, гестационный возраст, анамнез внематочной беременности, некоторые варианты локализации, признаки гемоперитонеума, тахикардия и клинические признаки шока [9].

Следовательно, оценка гемодинамического состояния пациентки имеет первоочередное значение. При подозрении на разрыв маточной трубы приоритетом является стабилизация состояния и хирургическое лечение, а не продолжение диагностического поиска.

Диагностика трубной беременности

Трансвагинальное ультразвуковое исследование.

Трансвагинальное ультразвуковое исследование (ТВУЗИ) является основным методом визуальной диагностики внематочной беременности. Его задача заключается в определении локализации беременности, оценке матки и придатков и выявлении свободной жидкости в малом тазу и брюшной полости [1,2].

Одним из наиболее характерных ультразвуковых критериев трубной беременности является выявление гестационного мешка за пределами полости матки, особенно при визуализации желточного мешка или эмбриона. Однако в ранние сроки гестации признаки эктопической беременности могут отсутствовать при ультразвуковом исследовании, поскольку плодное яйцо еще не всегда удается определить. В связи с этим отсутствие признаков внематочной беременности или получение неопределённого результата при ТВУЗИ не исключает наличие трубной беременности [1,2].

Особенно важно избегать диагностики только по принципу «пустая матка = внематочная беременность». При отсутствии внутриматочной беременности и отсутствии достоверных признаков эктопической беременности пациентке может быть установлен статус беременности неизвестной локализации (pregnancy of unknown location, PUL). В такой ситуации требуется динамическое наблюдение с повторным определением β-ХГЧ и контрольным ТВУЗИ [1,2].

β-ХГЧ и динамическое наблюдение.

Количественное определение β-ХГЧ является важной частью диагностического алгоритма, однако его следует интерпретировать совместно с клинической картиной и

данными ТВУЗИ. Однократное значение β-ХГЧ не может самостоятельно установить локализацию беременности [1,2].

В динамике оценивают изменение концентрации β-ХГЧ через определенные интервалы времени. Неправильная динамика повышает вероятность неразвивающейся или эктопической беременности, однако сама по себе не является абсолютным диагностическим критерием трубной беременности.

Исследования последних лет также обращают внимание на необходимость не откладывать ультразвуковую диагностику до достижения условного порога β-ХГЧ. В исследовании 2024 года анализ взаимосвязи β-ХГЧ с размером эктопической беременности показал, что использование единственного лабораторного порога для решения вопроса о проведении УЗИ может приводить к задержке диагностики [10].

Дифференциальная диагностика

Дифференциальная диагностика проводится с ранней внутриматочной беременностью, самопроизвольным абортом, геморрагической кистой жёлтого тела, перекрутом придатков, воспалительными заболеваниями органов малого таза, острым аппендицитом и другими причинами боли в нижних отделах живота.

Особую диагностическую сложность представляет сочетание положительного теста на беременность, боли и отсутствия визуализации беременности. В этой ситуации важно учитывать срок беременности, динамику β-ХГЧ, результаты повторного ТВУЗИ и клиническое состояние пациентки. При ухудшении состояния диагностическая неопределенность не должна задерживать оказание неотложной помощи [1,2].

Основные методы лечения

Современное лечение трубной беременности включает три основные стратегии: выжидательную тактику, медикаментозное лечение метотрексатом и хирургическое вмешательство. Выбор определяется прежде всего гемодинамической стабильностью, наличием разрыва, клиническими симптомами, уровнем β-ХГЧ, ультразвуковыми характеристиками, наличием сердечной деятельности эмбриона, возможностью последующего наблюдения и репродуктивными планами пациентки [1–3].

Принципиально важно разделять пациенток с неосложнённой трубной беременностью и пациенток с подозрением на разрыв. При гемодинамической нестабильности, выраженном гемоперитонеуме или признаках разрыва приоритетным методом является хирургическое лечение.

Выжидательная тактика

Выжидательная тактика основана на возможности самопроизвольной регрессии некоторых ранних трубных беременностей. Она может рассматриваться у тщательно отобранных гемодинамически стабильных пациенток при отсутствии клинических признаков разрыва и при благоприятной динамике β-ХГЧ [3,11].

Систематический обзор и метаанализ эффективности выжидательной тактики показал, что ее применение возможно в определённых клинических условиях, однако критерии отбора имеют принципиальное значение [11]. Необходимо обеспечить регулярное наблюдение, доступность повторного лабораторного контроля и возможность немедленного обращения за медицинской помощью при появлении боли, кровотечения или признаков гемодинамической нестабильности.

Индивидуальное информирование пациентки является обязательным. Женщина должна понимать, что даже при снижении β-ХГЧ риск разрыва не исчезает до завершения процесса и достижения отрицательных лабораторных показателей.

Медикаментозное лечение метотрексатом

Метотрексат (МТХ) является основным препаратом медикаментозного лечения неосложненной трубной беременности. Он ингибирует метаболизм фолатов и пролиферацию клеток трофобласта. МТХ позволяет избежать операции у пациенток, соответствующих критериям медикаментозного лечения [1–3].

Ключевыми условиями являются гемодинамическая стабильность, отсутствие признаков разрыва, возможность полноценного наблюдения после введения препарата и отсутствие противопоказаний. При выборе тактики учитываются исходный уровень β-ХГЧ, ультразвуковые характеристики и наличие сердечной деятельности эмбриона.

Особое значение имеет последующий контроль β-ХГЧ. При стандартном однократном режиме оценивают его динамику после введения препарата; недостаточное снижение может свидетельствовать о необходимости повторной дозы или хирургического лечения. Современные исследования подтверждают, что исходный уровень β-ХГЧ является одним из наиболее важных факторов, связанных с успехом терапии [12,13].

В ретроспективном исследовании 2024 года, включившем 359 пациенток с трубной беременностью, после первоначального лечения МТХ успех был достигнут у 74,7%, а 25,3% пациенток потребовали хирургического вмешательства. Повышенный исходный β-ХГЧ и большая гравидность были независимыми факторами, связанными с неудачей лечения [12].

Таким образом, МТХ не должен рассматриваться как универсальная альтернатива операции. Его эффективность зависит от правильного отбора пациенток и строгого последующего наблюдения.

Хирургическое лечение

Хирургическое лечение показано при гемодинамической нестабильности, подозрении или подтверждении разрыва маточной трубы, значительном гемоперитонеуме, противопоказаниях к МТХ, невозможности адекватного наблюдения или неэффективности медикаментозного лечения [1–3].

При стабильном состоянии и наличии соответствующего оборудования предпочтение обычно отдаётся лапароскопическому доступу. Он позволяет уменьшить операционную травму и продолжительность восстановления по сравнению с лапаротомией в подходящих клинических ситуациях.

Основными операциями при трубной беременности являются сальпингэктомия и сальпинготомия. Сальпингэктомия предусматривает удаление пораженной трубы, тогда как при сальпинготомии плодное яйцо удаляют через разрез трубы с ее сохранением. Выбор метода должен учитывать состояние контралатеральной трубы, степень повреждения поражённой трубы, наличие кровотечения и репродуктивные планы пациентки [5,6].

Сальпингэктомия и сальпинготомия – влияние на фертильность

Вопрос о сохранении поражённой маточной трубы является одним из наиболее обсуждаемых аспектов лечения ТБ. Теоретически сальпинготомия может сохранять дополнительный анатомический путь для естественного зачатия, однако сохранённая труба может иметь исходно нарушенную функцию и связана с риском персистенции трофобласта.

Рандомизированное исследование ESEP с участием 446 женщин с трубной беременностью и здоровой контралатеральной трубой не показало значимого преимущества сальпинготомии по частоте продолжающейся естественной беременности. При этом персистирующий трофобласт встречался существенно чаще после сальпинготомии, а повторная внематочная беременность также была численно чаще [14].

Систематический обзор и метаанализ 2023 года, включивший исследования различных методов лечения трубной беременности, показал, что репродуктивные результаты зависят от выбранного метода, исходного состояния труб и характеристик пациенток [5]. Более ранний метаанализ также показал, что при здоровой контралатеральной трубе долгосрочные показатели естественной внутриматочной беременности после сальпинготомии и сальпингэктомии могут быть сопоставимыми, несмотря на различия в результатах наблюдательных исследований [6].

Следовательно, само по себе сохранение пораженной трубы не гарантирует улучшения репродуктивного прогноза. У пациентки с нормально функционирующей противоположной трубой сальпингэктомия может быть приемлемым вариантом без очевидного ухудшения долгосрочной естественной фертильности. При заболевании контралатеральной трубы

вопрос о сохранении пораженной трубы требует особенно тщательной индивидуальной оценки [3,6].

Репродуктивные исходы после лечения

Важными отдаленными результатами после перенесенной трубной беременности являются дальнейшая репродуктивная функция женщины, включая наступление внутриматочной беременности, вероятность повторной внематочной беременности и потребность в использовании вспомогательных репродуктивных технологий.

Систематический обзор и метаанализ 2023 года, в котором сравнивались медикаментозное, хирургическое и выжидательное лечение, подчеркивает необходимость оценивать не только непосредственное устранение трубной беременности, но и последующую естественную внутриматочную беременность и риск повторной внематочной беременности [5].

Современный обзор показывает, что риск повторной ВБ остаётся повышенным независимо от метода лечения и определяется в значительной степени исходной патологией маточных труб и анамнезом пациентки [3]. Поэтому после перенесенной трубной беременности при наступлении новой беременности рекомендуется раннее обращение за медицинской помощью и раннее ультразвуковое подтверждение локализации беременности.

Репродуктивное консультирование должно проводиться до выписки. Пациентке необходимо объяснить возможный риск повторной ВБ, необходимость ранней диагностики следующей беременности и варианты обследования при длительном отсутствии беременности.

Психоэмоциональные последствия

Внематочная беременность является не только медицинским, но и психологически значимым событием. Переживание потери беременности, страх повторной ВБ, тревога по поводу будущей фертильности и необходимость экстренного хирургического вмешательства могут приводить к выраженному эмоциональному стрессу.

Обзоры психологических последствий осложнений ранней беременности указывают на возможность развития тревожных и депрессивных симптомов и посттравматических реакций [7]. Поэтому современные подходы к ведению пациенток должны включать доступное объяснение диагноза и тактики лечения, обсуждение репродуктивного прогноза и при необходимости направление на психологическую поддержку.

Особое значение имеет пациент-ориентированное принятие решения. Если ситуация не является экстренной, женщина должна получить информацию о возможных вариантах лечения, их преимуществах, ограничениях и необходимости последующего наблюдения.

Выводы

Трубная беременность остается важной проблемой современной гинекологии вследствие риска разрыва маточной трубы и массивного внутрибрюшного кровотечения. Современное понимание заболевания рассматривает его как результат взаимодействия воспалительных, анатомических, функциональных и репродуктивных факторов.

Наиболее значимыми факторами риска являются предшествующая внематочная беременность, воспалительные заболевания органов малого таза, патология и хирургические вмешательства на маточных трубах, бесплодие и некоторые обстоятельства применения вспомогательных репродуктивных технологий. Вместе с тем значительная часть случаев возникает у женщин без очевидных факторов риска.

Основой ранней диагностики являются клиническая оценка, трансвагинальное ультразвуковое исследование и динамическое определение β-ХГЧ. При неопределенной локализации беременности необходимо динамическое наблюдение, а при признаках гемодинамической нестабильности приоритетом становится неотложное хирургическое лечение.

Современная тактика лечения включает выжидательное наблюдение, медикаментозную терапию метотрексатом и хирургическое вмешательство. Метотрексат может быть

эффективным у тщательно отобранных гемодинамически стабильных пациенток, однако требует строгого последующего контроля. При разрыве трубы и гемодинамической нестабильности хирургическое лечение является основным методом.

Выбор между сальпингэктомией и сальпинготомией должен основываться на состоянии обеих маточных труб, характеристиках трубной беременности, риске персистирующего трофобласта и репродуктивных планах пациентки. Наличие здоровой контралатеральной трубы существенно влияет на репродуктивный прогноз.

Таким образом, оптимальное ведение пациенток с трубной беременностью требует ранней диагностики, индивидуализации лечения и обязательного учета долгосрочных репродуктивных и психологических последствий заболевания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Mullany K, Minneci M, Monjazeb R, C. Coiado O. Overview of ectopic pregnancy diagnosis, management, and innovation. Womens Health. 2023 Mar 31;19:17455057231160349. doi:10.1177/17455057231160349 PubMed PMID: 36999281; PubMed Central PMCID: PMC10071153.
2. Flanagan HC, Duncan WC, Lin CJ, Spears N, Horne AW. Recent advances in the understanding of tubal ectopic pregnancy. Fac Rev. 2023 Nov 1;12:26. doi:10.12703/r/12-26 PubMed PMID: 37920274; PubMed Central PMCID: PMC10619208.
3. Farren J, Al Wattar BH, Jurkovic D. The diagnosis and management of extrauterine and uterine ectopic pregnancy. Hum Reprod Update. 2025 Oct 8;32(1):2–32. doi:10.1093/humupd/dmaf024 PubMed PMID: 41061761; PubMed Central PMCID: PMC12922837.
4. Papageorgiou D, Sapantzoglou I, Prokopakis I, Zachariou E. Tubal Ectopic Pregnancy: From Diagnosis to Treatment. Biomedicines. 2025 Jun 13;13(6):1465. doi:10.3390/biomedicines13061465 PubMed PMID: 40564186; PubMed Central PMCID: PMC12191334.
5. Hao HJ, Feng L, Dong LF, Zhang W, Zhao XL. Reproductive outcomes of ectopic pregnancy with conservative and surgical treatment: A systematic review and meta-analysis. Medicine (Baltimore). 2023 Apr 28;102(17):e33621. doi:10.1097/MD.0000000000033621 PubMed PMID: 37115078; PubMed Central PMCID: PMC10145868.
6. Cheng X, Tian X, Yan Z, Jia M, Deng J, Wang Y, et al. Comparison of the Fertility Outcome of Salpingotomy and Salpingectomy in Women with Tubal Pregnancy: A Systematic Review and Meta-Analysis. PLoS ONE. 2016 Mar 25;11(3):e0152343. doi:10.1371/journal.pone.0152343 PubMed PMID: 27015601; PubMed Central PMCID: PMC4807767.
7. Jia L, Li W, Liu Y, Wang L. Psychologic Sequelae in Early Pregnancy Complications. Int J Womens Health. 2023 Jan 9;15:51–7. doi:10.2147/IJWH.S382677 PubMed PMID: 36643713; PubMed Central PMCID: PMC9838123.
8. Wang Y, Chen L, Tao Y, Luo M. Risk factors of ectopic pregnancy after in vitro fertilization-embryo transfer in Chinese population: A meta-analysis. PLOS ONE. 2024 Jan 2;19(1):e0296497. doi:10.1371/journal.pone.0296497 PubMed PMID: 38166058; PubMed Central PMCID: PMC10760883.
9. Xu C, Mao Z, Tan M, Mazhari SA, Ghorbani Vajargah P, Karkhah S, et al. Prevalence and Related Factors of Rupture among Cases with Ectopic Pregnancy; a Systematic Review and Meta-Analysis. Arch Acad Emerg Med. 2023 Nov 2;12(1):e2. doi:10.22037/aaem.v11i1.2172 PubMed PMID: 38022716; PubMed Central PMCID: PMC10674071.
10. Eisaman DM, Brown NE, Geyer S. Relationship of Beta-Human Chorionic Gonadotropin to Ectopic Pregnancy Detection and Size. West J Emerg Med. 2024 May 1;25(3):431–5. doi:10.5811/westjem.18396 PubMed PMID: 38801051; PubMed Central PMCID: PMC11112661.

11. Colombo GE, Leonardi M, Armour M, Di Somma H, Dinh T, da Silva Costa F, et al. Efficacy and safety of expectant management in the treatment of tubal ectopic pregnancy: a systematic review and meta-analysis. Hum Reprod Open. 2020 Oct 25;2020(4):hoaa044. doi:10.1093/hropen/hoaa044 PubMed PMID: 33134560; PubMed Central PMCID: PMC7585644.
12. Fu L, Liu X, Tian Z, Du Z, Wang X, Wang X, et al. Risk factors for methotrexate treatment failure in tubal ectopic pregnancy: a retrospective cohort study. BMC Pregnancy Childbirth. 2024 Dec 31;24:884. doi:10.1186/s12884-024-07122-6 PubMed PMID: 39736575; PubMed Central PMCID: PMC11686986.
13. Ray A, Gaur A, Kumari S. Predictors of Successful Medical Management With Methotrexate in Unruptured Tubal Ectopic Pregnancy. Cureus. 14(11):e31923. doi:10.7759/cureus.31923 PubMed PMID: 36580082; PubMed Central PMCID: PMC9792717.
14. Mol F, van Mello NM, Strandell A, Strandell K, Jurkovic D, Ross J, et al. Salpingotomy versus salpingectomy in women with tubal pregnancy (ESEP study): an open-label, multicentre, randomised controlled trial. Lancet. 2014 Apr 26;383(9927):1483–9. doi:10.1016/S0140-6736(14)60123-9 PubMed PMID: 24499812.

УДК: 616-078:616-002.5-036.22
DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-11-17

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ТЕСТОВ IGRA (QUANTIFERON-TB GOLD PLUS И T-SPOT.TB) В ПРАКТИКЕ ДИАГНОСТИКИ ТУБЕРКУЛЕЗНОЙ ИНФЕКЦИИ

АБЫЛКАСЫМОВА А. А., БЕЙСЕНБЕК С. М.
ДОЩАНОВА А. К., ПИРНАЗАРОВА Д. К.
ТҮЙМЕБАЕВА Ж. М.
Студенты специальности «Общая медицина» НАО «Карагандинский медицинский университет»

Научный руководитель – **ТАЙШЫКОВА АЛТЫНАЙ АМАНГЕЛЬДИЕВНА**
Караганда, Казахстан

Аннотация. *Своевременное выявление активного туберкулеза (АТБ) и латентной туберкулезной инфекции (ЛТИ) остается важнейшей задачей здравоохранения. Традиционный кожный туберкулиновый тест (ТСТ / проба Манту) обладает низкой специфичностью у вакцинированных БЦЖ лиц и ограниченной чувствительностью при иммунодефицитах. Внедрение тестов высвобождения интерферона-гамма (Interferon-Gamma Release Assays, IGRA) — QuantiFERON-TB Gold In-Tube (QFT-GIT), QuantiFERON-TB Gold Plus (QFT-Plus) и T-SPOT.TB — позволило вывести диагностику на новый уровень. В настоящем литературном обзоре систематизированы международные данные о сравнительной точности, чувствительности и специфичности тестов IGRA у различных категорий больных (включая пожилых людей, больных с лихорадкой неясного генеза и пациентов с аутоиммунными заболеваниями перед анти-ФНО терапией), а также проанализирована эффективная модель каскадной диагностики неопределенных результатов.*

Ключевые слова: *туберкулез, латентная туберкулезная инфекция, IGRA, QuantiFERON-TB Gold Plus, T-SPOT.TB, проба Манту, интерферон-гамма, неопределенный результат, иммуносупрессия.*

Цель: Проанализировать клиническую эффективность, чувствительность и специфичность иммунологических тестов QuantiFERON-TB Gold Plus и T-SPOT.TB на основе международных исследований, оценить их диагностическую ценность у сложных категорий больных (пожилые, лихорадящие, иммунокомпрометированные) и определить оптимальные алгоритмы преодоления неопределенных результатов.

Материалы и методы: В обзор включены публикации из базы данных PubMed, охватывающие метаанализы, когортные и сравнительные исследования. Анализировались данные, полученные при обследовании свыше 22 000 пациентов с оценкой параметров чувствительности, специфичности, площади под ROC-кривой (AUROC), а также влияния иммуносупрессии и возраста на результаты тестов.

Актуальность проблемы диагностики туберкулеза и ограничения традиционных методов

Туберкулез остается одной из главных причин смертности от инфекционных заболеваний во всем мире. Недостаточная диагностика латентной туберкулезной инфекции (ЛТИ) создает постоянный резервуар для потенциальной реактивации процесса. Десятилетиями основным методом выявления ЛТИ оставался кожный туберкулиновый тест. Однако имеет серьезные недостатки:

• **Ложноположительные результаты:** вызваны перекрестной реакцией на вакцинацию БЦЖ или инфицирование нетуберкулезными микобактериями (НТМ).

• **Ложноотрицательные результаты:** часто встречаются у иммунокомпрометированных лиц, больных, получающих системные глюкокортикостероиды или генно-инженерные биологические препараты (ГИБП).

• **Субъективизм и человеческий фактор:** необходимость повторного визита пациента через 48–72 часа для измерения инфильтрата.

Внедрение в практику тестов IGRA, основанных на измерении продукции интерферона-гамма (IFN-γ) Т-лимфоцитами в ответ на специфические антигены *M. tuberculosis* (ESAT-6 и CFP-10), позволило исключить влияние БЦЖ-вакцинации и повысить специфичность диагностики.

Характеристика тестов IGRA (QFT-GIT, QFT-Plus, T-SPOT.TB) и их механизмы

В клинической практике используются три основных иммунологических теста:

a) **QuantiFERON-TB Gold In-Tube (QFT-GIT):** ИФА-тест первого поколения IGRA, измеряющий уровень IFN-γ в цельной крови после стимуляции антигенами ESAT-6, CFP-10 и TB7.7 (оценка ответа преимущественно CD4+ Т-хелперов).

b) **QuantiFERON-TB Gold Plus (QFT-Plus):** усовершенствованный формат, содержащий две пробирки для стимулирования:

• **TB1:** содержит длинные пептиды ESAT-6 и CFP-10 для оценки ответа CD4+ Т клеток.

• **TB2:** содержит дополнительные короткие пептиды, избирательно стимулирующие **CD8+ Т-цитотоксические лимфоциты**. Это обеспечивает более высокий уровень выявления инфекции у лиц с дефицитом CD4+ Т-клеток (ВИЧ, пожилые, иммуносупрессия).

c) **T-SPOT.TB:** тест на основе технологии ELISPOT. Измеряет не количество выделенного интерферона, а **число отдельных Т-лимфоцитов** (мононуклеаров периферической крови), продуцирующих IFN-γ. Это делает его устойчивым к изменению общего объема плазмы и лейкопении.

Диагностическая эффективность тестов IGRA

Эффективность в общей популяции и регионах с низкой заболеваемостью: Крупный систематический обзор и метаанализ Y. Zhang и соавт. (2023), охвативший 41 исследование, показал, что диагностическая чувствительность и специфичность QFT-Plus в общей популяции статистически не отличаются от QFT-GIT и T-SPOT.TB. [1]

Однако специфичность QFT-Plus оказалась достоверно выше, чем у кожного теста TST (разность рисков RD = 0,12; 95% ДИ: 0,02–0,22). В исследовании L. Heireman и соавт. (2022) при сравнении QFT-Plus на автоматизированной платформе LIAISON XL и T-SPOT.TB в регионе с низкой заболеваемостью качественное согласие результатов составило **90%**. Из 3% выраженных расхождений половина была обусловлена ложноотрицательными результатами T-SPOT.TB. [2]

Диагностика у больных с лихорадкой неясного генеза

Лихорадящие пациенты представляют диагностическую трудность из-за сопутствующего системного воспаления. В исследовании L. Zhang и соавт. (2022) на 240 пациентах (80 с АТБ и 160 без АТБ) тесты показал сопоставимую точность:

• Чувствительность: 92,2% (QFT-Plus) против 95,0% (T-SPOT.TB).

• Площадь под кривой (AUROC): 0,792 для QFT-Plus против 0,849 для T-SPOT.TB (p = 0,070).

• Факторы, снижающие вероятность положительного QFT-Plus: прием иммуносупрессивных препаратов (ОШ = 0,49).

• Ни один из тестов IGRA не смог достоверно дифференцировать активный туберкулез от латентной инфекции у лихорадящих больных. [3]

Таблица 1. Сравнительная характеристика точности тестов у лихорадящих пациентов (Zhang L. et al., 2022)

Параметр	**QuantiFERON-TB Gold Plus**	**T-SPOT.TB**	**p-value**
Чувствительность при АТБ	92,2%	95,0%	> 0,05
Показатель AUROC	0,792	0,849	0,070
Доля неопределенных результатов (ITR)	3,3%	0,0%	< 0,05
Ключевые факторы влияния (ОШ)	Мужской пол (3,17) ТБ в анамнезе (7,58) Иммуносупрессоры (0,49)	Мужской пол (2,33) ТБ в анамнезе (11,36)	-

Диагностическая эффективность тестов IGRA при туберкулезе у лиц пожилого и старческого возраста

В структуре заболеваемости туберкулезом (ТБ) в странах Восточной и Юго-Восточной Азии отмечается неуклонный рост доли больных пожилого и старческого возраста. К примеру, в Японии заболеваемость ТБ среди лиц старше 65 лет достигает 55 на 100 000 населения среди мужчин и 27 на 100 000 среди женщин. Основным механизмом развития активного туберкулеза у пожилых является реактивация латентной туберкулезной инфекции, происходящая на фоне возрастного угасания иммунной функции — иммунного старения (immunosenescence). С возрастом у человека происходит естественное снижение абсолютного количества CD4+ и CD8+ Т-лимфоцитов в периферической крови (наблюдается отчетливая обратная корреляция с возрастом: r = -0,409 для CD4+ и r = -0,258 для CD8+ Т-клеток). В категории пациентов в возрасте 80 лет и старше доля лиц с выраженным иммунодефицитом (уровень CD4+ Т-клеток менее 200/мкл) достигает 40%.

Указанные изменения существенно затрудняют иммунологическую диагностику туберкулеза в гериатрической практике, приводя к высокой частоте ложноотрицательных результатов. При этом большинство проводившихся ранее валидационных исследований тестов IGRA охватывали группы пациентов с медианным возрастом от 30 до 60 лет (до 70 лет), в связи с чем диагностическая ценность современных тест-систем у больных старше 80 лет оставалась недостаточно изученной.

Патогенетическое обоснование превосходства QFT-Plus у пожилых пациентов

Традиционные тесты IGRA (QFT-GIT и T-SPOT) ориентированы преимущественно на оценку CD4+ Т-клеточного звена. По этой причине у пожилых людей со сниженным уровнем CD4+ Т-лимфоцитов чувствительность данных тестов существенно падает. В отличие от предшественников, тест 4-го поколения QuantiFERON®-TB Gold Plus (QFT-Plus) включает дополнительную пробирку TB2, разработанную для индуцирования ответа как CD4+, так и CD8+ Т-лимфоцитов (в то время как пробирка TB1 активирует только CD4+ Т-клетки).

Исследование K. Fukushima et al. (2021) показало ключевую роль CD8+ Т-клеток в преодолении возрастного иммунодефицита:

1) Дополнительное высвобождение IFN-гамма в пробирке TB2 по сравнению с TB1 (разница TB2–TB1) достоверно коррелирует с количеством CD8+ Т-клеток в крови ($r = 0,193$, $p = 0,0298$), компенсируя нехватку CD4+ Т-клеток.

2) В группе пожилых пациентов, показавших отрицательный результат по пробирке TB1, включение CD8-стимуляции в пробирке TB2 обеспечило получение корректного положительного результата у 40% больных. [4]

Клиническая эффективность методов диагностики у пожилых

По результатам в исследовании K. Fukushima et al. (2021) с участием 142 пациентов с активным туберкулезом легких со средним возрастом 84 года (межквартильный размах [IQR]: 76–89 лет; 70,4% больных старше 80 лет) были получены следующие данные:

- **Общая чувствительность в гериатрической когорте:** QFT-Plus продемонстрировал наибольшую чувствительность — 93,6% (132/141), незначительно превзойдя QFT-GIT — 91,4% (127/139) и существенно превзойдя T-SPOT — 68,1% (92/135; $p < 0,00001$).
- **Чувствительность в подгруппе лиц 80 лет и старше (n = 100):** QFT-Plus сохранил высокую позитивность на уровне 93,0%, QFT-GIT составил 89,0%, тогда как чувствительность T-SPOT снизилась до 66,0% ($p < 0,00002$).
- **Чувствительность при иммунодефиците (CD4 < 200/мкл, n = 43, где 90,7% — лица 80 лет и старше):** QFT-Plus показал позитивность 83,7%, QFT-GIT — 74,4%, а T-SPOT — только 58,1% ($p = 0,0134$).
- **Частота неопределенных/недействительных результатов:** у пожилых пациентов QFT-Plus продемонстрировал наименьшую частоту неопределенных результатов (0,7%; 1/142), у QFT-GIT она составила 2,1% (3/142), а у T-SPOT — 4,9% (7/142).

Таблица 2. Сравнительная таблица эффективности методов выявления туберкулеза у пожилых людей

Диагностический параметр / Категория больных	**FT-Plus (4-е поколение)**	**QFT-GIT (3-е поколение)**	**T-Spot®.TB**
Иммунологический целевой субстрат	CD4+ и CD8+ Т-лимфоциты (пробирки TB1 + TB2)	Преимущественно CD4+ Т-лимфоциты (пробирка TB1)	CD4+ и CD8+ Т-лимфоциты (метод ELISPOT)
Общая чувствительность у пожилых (медиана 84 года, n=142)	**93,6%** (132/141)	**91,4%** (127/139)	**68,1%** (92/135)
Позитивность в возрастной группе ≥80 лет (n=100, медиана 87 лет)	**93,0%** (93/100)	**89,0%** (89/100)	**66,0%** (66/100)
Позитивность при выраженном иммунодефиците (CD4 < 200мкл, n=43)	**83,7%** (36/43)	**74,4%** (32/43)	**58,1%** (25/43)
Дополнительный прирост выявления за счет CD8+ ответа	**+40%**положительных случаев среди лиц с отрицательным TB1	Отсутствует (нет пробирки TB2)	Не дифференцируется

(пробирка TB2)			
Частота неопределенных (invalid) результатов у пожилых	**0,7%** (1/142)	**2,1%** (3/142)	**4,9%** (7/142)
Специфичность (контрольная группа)	**100%** (118/118)	**100%** (118/118)	**100%** (118/118)

Скрининг перед анти-ФНО терапией у ревматологических больных

G. Sargın и соавт. (2018) обследовали 109 больных ревматоидным артритом и анкилозирующим спондилоартритом перед назначением ингибиторов ФНО-α:

- Специфичность QuantiFERON-TB Gold составила **85,7%**, T-SPOT.TB — **73,5%**, а кожного теста TST — всего **60,3%**.
- Чувствительность QuantiFERON-TB Gold составила **73,9%**, T-SPOT.TB — **66,7%**, TST — **47,8%**.
- Результаты тестов IGRA не коррелировали с приемом системных кортикостероидов и наличием рубчиков БЦЖ, тогда как TST показал умеренную корреляцию с числом рубчиков БЦЖ ($r = 0,495$; $p < 0,001$), что подтверждает частые ложноположительные реакции при кожной пробе. [5]

Алгоритмы решения проблемы неопределенных (*indeterminate*) результатов

Одной из главных проблем ИФА-тестов (QFT-Plus) является наличие неопределенных результатов (обычно из-за низкой реакции на митоген при иммуносупрессии или высокого фона). В исследовании M. Pagnoncelli и соавт. (2024), охватившем **20 995 образцов**, частота неопределенных результатов QFT-Plus составила **2,7%** (576 случаев). Авторы предложили двухэтапный алгоритм: использование T-SPOT.TB в качестве подтверждающего теста второй линии.

Таблица 3. Эффективность применения T-SPOT.TB при неопределенном QFT-Plus (Pagnoncelli M. et al., 2024) [6]

Сроки проведения T-SPOT.TB	**Число повторно обследованных**	**Разрешенные неопределенные результаты**	**Окончательный результат (Положительный / Отрицательный)**
Все случаи (без учета времени)	137 человек	**87,6%** (120 из 137)	40 полож. / 80 отриц.
В течение 30 дней после QFT-Plus	92 человека	**84,8%** (78 из 92)	Высокая клиническая точность

Предложенный алгоритм массового первичного скрининга с помощью более технологичного и доступного QFT-Plus с последующей отправкой неопределенных образцов на T-SPOT.TB в течение 30 дней позволяет окончательно верифицировать диагноз почти у 88% сложных пациентов.

Сравнительная диагностическая ценность тестов IGRA и кожного туберкулинового теста по данным международного метаанализа

Анализ крупных международный данных и метаанализов подтверждает высокую диагностическую ценность тестов IGRA (QFT-Plus, QFT-GIT и T-SPOT.TB) в сравнении со стандартным кожным туберкулиновым тестом (TST).

1. **Диагностический паритет тестов IGRA различных поколений**

Согласно метаанализу Y. Zhang и соавт. (2023), охватившему 41 исследование (3996 публикаций из баз PubMed и Embase), тест QFT-Plus демонстрирует диагностическую эффективность, сопоставимую с тестами предыдущего поколения QFT-GIT и T-SPOT.TB. При активном туберкулезе и в группах высокого риска не выявлено статистически значимых различий по чувствительности. Систематический обзор за период 2013–2020 гг. (базы MEDLINE, Embase, Web of Science, Cochrane) показал высокий уровень согласованности между QFT-Plus и QFT-GIT (коэффициент каппа Коэна k = 0,83; 95% ДИ: 0,79–0,88) при незначительном, но статистически не значимом преимуществе QFT-Plus по чувствительности (прирост на 1,3%; 95% ДИ: от -0,3% до 2,9%). [1]

2. **Преимущества тестов IGRA перед кожной пробой (TST)**

В группе лиц с очень низким риском инфицирования специфичность QFT-Plus оказалась достоверно выше по сравнению с TST (разность рисков RD = 0,12; 95% ДИ: 0,02–0,22). Метаанализ 19 исследований (модель случайных эффектов) продемонстрировал существенное превосходство иммунологических тестов над пробой Манту:

- **T-SPOT.TB** показал достоверно более высокую чувствительность — **90%** (95% ДИ: 85–95%) против **64%** (95% ДИ: 46–81%) у TST, а также тенденцию к более высокой специфичности — **77%** (95% ДИ: 68–85%) против **57%** (95% ДИ: 41–72%).
- **QFT-GIT** также превосходил TST по чувствительности — **75%** (95% ДИ: 61–86%) против **64%** у TST при сопоставимой специфичности (71% против 70%). [2]

3. **Ограничения доказательной базы**

Несмотря на высокую согласованность результатов QFT-Plus и QFT-GIT, авторы обзоров отмечают необходимость проведения дополнительных исследований по оценке чувствительности QFT-Plus у пациентов с тяжелыми иммунодефицитными состояниями (включая ВИЧ-инфекцию) и у детей младшего возраста. [3]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного анализа международных данных о сравнительной диагностической ценности и популяционной эффективности иммунологических тестов IGRA (*QuantiFERON-TB Gold Plus* и *T-SPOT.TB*) сформированы следующие ключевые выводы:

— **Диагностический паритет и преимущества перед пробой Манту (TST)**: Тесты IGRA (*QFT-Plus*, *QFT-GIT* и *T-SPOT.TB*) демонстрируют высокую и сопоставимую между собой диагностическую точность и чувствительность при скрининге туберкулезной инфекции в общей популяции. В отличие от традиционного кожного туберкулинового теста (TST), тесты IGRA абсолютно независимы от предшествующей вакцинации БЦЖ и терапевтической иммуносупрессии (включая прием глюкокортикостероидов и анти-ФНО препаратов), обладая достоверно более высокой специфичностью и чувствительностью у сложных категорий больных.

— **Патогенетическое и клиническое превосходство QFT-Plus в гериатрической практике**: Инволютивные изменения иммунной системы (иммунное старение / *immunosenescence*) и связанная с ними глубокая CD4+-лимфопения существенно снижают информативность стандартных тестов (TST, *QFT-GIT* и *T-SPOT.TB*) у лиц пожилого и старческого возраста. Включение в тест 4-го поколения *QuantiFERON-TB Gold Plus* дополнительной пробирки TB2 (избирательно стимулирующей CD8+ Т-цитотоксические лимфоциты) компенсирует дефицит CD4+ Т-хелперов. Это обеспечивает *QFT-Plus* превосходную чувствительность (93,0–93,6%) у пациентов старше 80 лет и сохраняет высокий уровень выявления инфекции (83,7%) при тяжелом иммунодефиците (CD4 < 200 кл/мкл), одновременно минимизируя частоту неопределенных результатов (до 0,7%).

— **Оптимальная модель преодоления неопределенных (indeterminate) результатов**: Получение неопределенных результатов при первичной ИФА-диагностике (*QFT-Plus*) обусловлено иммуносупрессией и низким митогеновым ответом. Внедрение двухэтапной каскадной модели, предусматривающей использование технологии ELISPOT (*T-SPOT.TB*) в

качестве подтверждающего теста второй линии в течение 30 дней после *QFT-Plus*, позволяет окончательно верифицировать диагноз у 84,8–87,6% сложных пациентов.

— **Ограничения метода и перспективы дальнейших исследований**: Ни один из современных тестов IGRA не позволяет надежно дифференцировать активный туберкулез от латентной туберкулезной инфекции (ЛТИ) у больных с системным воспалением (в частности, при лихорадке неясного генеза). Для полной оценки клинико-экономического потенциала *QFT-Plus* требуется проведение дополнительных исследований в когортах пациентов с тяжелыми формами ВИЧ-инфекции и детей младшего возраста.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang Y. Comparing the diagnostic performance of QuantiFERON-TB Gold Plus with QFT-GIT, T-SPOT.TB and TST: a systematic review and meta-analysis / Y. Zhang, G. Zhou, W. Shi, W. Shi, M. Hu, D. Kong, R. Long, J. He, N. Chen // BMC Infectious Diseases. — 2023. — Vol. 23, no. 1. — Art. 41. — PMID: 36670347
2. Heireman L. Comparison of the QuantiFERON-TB® Gold Plus on LIAISON® XL and T-SPOT.TB for the diagnosis of latent Mycobacterium tuberculosis infection in a low tuberculosis incidence population / L. Heireman [et al.] // Diagnostic Microbiology and Infectious Disease. — 2022. — Vol. 102, no. 3. — Art. 115613. — PMID: 34954453.
3. Zhang L. Comparison of diagnostic accuracy of QuantiFERON-TB Gold Plus and T-SPOT.TB in the diagnosis of active tuberculosis in febrile patients / L. Zhang [et al.] // Journal of Evidence-Based Medicine. — 2022. — Vol. 15, no. 2. — P. 108–117. — PMID: 35762517.
4. Fukushima K. Clinical evaluation of QuantiFERON®-TB Gold Plus directly compared with QuantiFERON®-TB Gold In-Tube and T-Spot®.TB for active pulmonary tuberculosis in the elderly / K. Fukushima, K. Akagi, A. Kondo [et al.] // Journal of Infection and Chemotherapy. — 2021. — Vol. 27, no. 12. — P. 1712–1718. — PMID: 34412981.
5. Sargın G. TST, QuantiFERON-TB Gold test and T-SPOT.TB test for detecting latent tuberculosis infection in patients with rheumatic disease prior to anti-TNF therapy / G. Sargın, T. Senturk, S. Cildag, M. B. Cildag // Tuberkuloz ve Toraks. — 2018. — Vol. 66, no. 3. — P. 201–207. — PMID: 30246657.
6. Pagnoncelli M. Performance of the T-SPOT.TB test in patients with indeterminate QuantiFERON-TB Gold Plus results / M. Pagnoncelli [et al.] // Le Infezioni in Medicina. — 2024. — Vol. 32, no. 4. — P. 501–509. — PMID: 39660151.
7. Электронные ресурсы (ссылки):
8. National Center for Biotechnology Information. PubMed: Clinical evaluation of QuantiFERON®-TB Gold Plus directly compared with QuantiFERON®-TB Gold In-Tube and T-Spot®.TB for active pulmonary tuberculosis in the elderly. — Bethesda : NLM, 2021. — URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34412981/
9. National Center for Biotechnology Information. PubMed: Comparing the diagnostic performance of QuantiFERON-TB Gold Plus with QFT-GIT, T-SPOT.TB and TST: a systematic review and meta-analysis. — Bethesda : NLM, 2023. — URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36670347/
10. National Center for Biotechnology Information. PubMed: Comparative evaluation of QuantiFERON-TB Gold In-Tube and T-SPOT.TB. — Bethesda : NLM, 2014. — URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25018132/

УДК 616.31:614.2
DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-18-31

СТОМАТОЛОГИЯДАҒЫ ҚАНТ ДИАБЕТІМЕН АУЫРАТЫН ПАЦИЕНТТЕРДІ БАСҚАРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ: ПАРОДОНТИТ ПЕН ПЕРИИМПЛАНТТЫҚ АУРУЛАРДЫҢ АЛДЫН АЛУ

АСКЕРТАЕВА АЙГАНЫМ АБАЕВНА
ЖҰМАДУЛЛА МАДИНА ПЕРНЕБЕККЫЗЫ
Қарағанды медицина университетінің Стоматология мектебінің студенттері

Ғылыми жетекшісі – магистр, профессор ассистенті
ШИНТАЕВА НУРЖАМАЛ УТЕБАЕВНА
Қарағанды, Қазақстан

Аннотация. *Зерттеуде қант диабетімен ауыратын пациенттерді стоматологиялық басқару ерекшеліктері және пародонтит пен периимпланттық аурулардың алдын алу мәселелері қарастырылды. Қазақстандағы қант диабетінің таралу динамикасы мен стоматологиялық көмектің көрсетілу көрсеткіштері талданды. Қант диабетінің пародонт тіндеріне әсер ету механизмдері, соның ішінде гипергликемия, қабыну және тотығу стрессі қарастырылды. Зерттеу нәтижелері гликемиялық бақылаудың жеткіліксіздігі пародонт және периимпланттық асқынулардың даму қаупін арттыратынын көрсетті. Сондықтан ерте скрининг, ауыз қуысының тұрақты профилактикасы және стоматолог пен эндокринологтың бірлескен жұмысы маңызды. Кешенді стоматологиялық менеджмент қант диабеті бар пациенттердің ауыз қуысы денсаулығын сақтауға және асқынулардың алдын алуға мүмкіндік береді.*

Кілт сөздер: *қант диабеті, пародонтит, периимплантит, стоматологиялық менеджмент, гликемиялық бақылау, профилактика.*

Өзектілігі:

Қант диабеті бар пациенттерді стоматологиялық басқару — аурудың таралуының өсуіне және оның ауыз қуысы денсаулығына әсеріне байланысты өзекті мәселе. Қазақстанда қант диабетімен сырқаттанушылық 2022 жылғы 265,3-тен 2023 жылы 309,7-ге, 2024 жылы 328,3 жағдайға / 100 мың халыққа дейін өскен. Ал *диспансерлік есепте* тұрған пациенттер саны 2024 жылдың басында шамамен 485,6 мың адамды құраған.

Қазақстанда стоматологиялық көмекке алғашқы жүгіну көрсеткіші 2022 жылғы 29,7-ден 2024 жылы 32,7 жағдайға / 100 адамға дейін өскен, ал санациямен қамту 59,7%-дан 62,1%-ға өзгерген.

Осы көрсеткіштер диабеті бар пациенттер үшін ерте скрининг, пародонтит пен периимпланттық аурулардың профилактикасы, тұрақты стоматологиялық бақылау және стоматолог пен эндокринологтың өзара іс-қимылына негізделген кешенді менеджменттің қажеттілігін көрсетеді.

Зерттеу гипотезасы:

Қант диабеті кезінде қандағы глюкоза деңгейінің жеткіліксіз бақылануы пародонтит пен периимпланттық аурулардың даму қаупін арттырады, сондықтан диабеті бар пациенттердегі гликемиялық бақылауды жақсарту және стоматологиялық профилактиканы күшейту ауыз қуысы асқынуларының алдын алуда шешуші рөл атқарады.

Зерттеу мақсаты:

Қазақстанда қант диабеті бар пациенттердің тегін көмек алуы және аурушаңдықтың динамикасының өзгерісін талдау және пародонтоз бен периимпланттық аурулардың даму қаупін, стоматологиялық көмектің көрсетілу динамикасын және олардың алдын алудағы кешенді стоматологиялық менеджменттің маңызын анықтау.

Зерттеу міндеттері:

1. Қазақстандағы қант диабетінің таралуы, аурушаңдық және өлім-жітім динамикасын, сондай-ақ оның негізгі қауіп факторларын талдау.

2. Қант диабетімен ауыратын пациенттерге мемлекет тарапынан көрсетілетін тегін медициналық көмектің түрлерін, қолжетімділігін және пациенттерді медициналық көмекпен қамту динамикасын зерттеу.

3. Қант диабеті бар пациенттерде пародонтоз бен периимплантиттің даму ерекшеліктерін, негізгі қауіп факторларын және олардың алдын алу мен стоматологиялық басқару тәсілдерін зерттеу.

Материалдар және зерттеу әдістері:

- Зерттеу материалдары: Қазақстан Республикасының Денсаулық сақтау министрлігінің 2022–2024 жж. медициналық статистикалық жинақтары, Ұлттық статистика бюросының деректері, қант диабеті бойынша эпидемиологиялық көрсеткіштер, стоматологиялық көмек көрсету статистикасы, сондай-ақ ғылыми мақалалар мен клиникалық зерттеулер.
- Зерттеу дизайны: Зерттеу аналитикалық, статистикалық және салыстырмалы әдістерді, сондай-ақ ғылыми әдебиеттерге жүйелі шолу элементтерін қамтиды. 2022–2024 жылдардағы көрсеткіштердің динамикасы салыстырылып, абсолюттік және салыстырмалы өзгерістер бағаланды. Ақпараттық дерекқорлар: Ғылыми әдебиеттерді іздеу PubMed, Web of Science, Scopus және Google Scholardерекқорларында жүргізілді. Іздеу кезінде diabetes mellitus, glycemic control, periodontal disease, periodontitis, peri-implant disease, peri-implantitis, tooth loss, implant survival сияқты негізгі терминдер қолданылды. Негізінен 2023–2026 жылдары жарияланған еңбектер қарастырылды.
- Нормативтік-құқықтық және медициналық-экологиялық материалдар: Қазақстан Республикасының Әділет ақпараттық-құқықтық жүйесіндегі денсаулық сақтау саласына қатысты заңнамалық және нормативтік құжаттар, оның ішінде стоматологиялық көмек көрсету стандарты зерттелді.

Негізгі бөлім

Қант диабеті — инсулиннің жеткіліксіз бөлінуі немесе ағзаның инсулинді тиімді пайдалана алмауы нәтижесінде қандағы глюкоза деңгейінің ұзақ уақыт жоғарылауымен сипатталатын созылмалы метаболикалық ауру.

Негізгі түрлері:

- I типті қант диабеті
- II типті қант диабеті
- Гестациялық диабет

Қауіп факторлары

1. Тұқым қуалаушылық

- Ата-анасында немесе жақын туыстарында 2 типті қант диабетінің болуы.
- Бірінші дәрежелі туыстарда диабет болған жағдайда қауіп жоғарылайды.
- Генетикалық бейімділік әсіресе артық салмақпен және аз қозғалыспен қосылғанда маңызды.

2. Артық дене салмағы және семіздік

- Дене салмағының жоғары болуы — 2 типті диабеттің маңызды қауіп факторларының бірі.
- Әсіресе іш аймағындағы висцералды майдың көп болуы инсулинге төзімділікті күшейтеді.
- Дене салмағының жоғарылауы ұйқы безінің инсулинге деген қажеттілігін арттырады.

Қауіп факторлары

3. Предиабет

Предиабет — қандағы глюкоза деңгейі қалыптыдан жоғары, бірақ қант диабеті диагнозын қоюға жеткіліксіз болатын жағдай.

Бұл жағдайда адамда:
• инсулинге төзімділік;
• ашқарындағы глюкозаның жоғарылауы;
• глюкозаға төзімділіктің бұзылуы болуы мүмкін.

4.Гестациялық диабет

Жүктілік кезінде қант диабеті болған әйелдерде кейін 2 типті диабеттің даму қаупі жоғары болады.

Сонымен қатар қауіп:
• ірі салмақты бала туу;
• бірнеше рет гестациялық диабет болуы жағдайында жоғарылауы мүмкін.

5.Метаболикалық синдром

Метаболикалық синдром құрамына бірнеше фактор кіреді:
• абдоминальды семіздік;
• жоғары қан қысымы;
• қандағы глюкозаның жоғарылауы;
• триглицеридтердің жоғарылауы;
• HDL төмендеуі.

Олардың бір уақытта болуы 2 типті диабет қаупін арттырады.

6.Поликистозды аналық без синдромы

PCOS бар әйелдерде инсулинге төзімділік жиі кездеседі, сондықтан 2 типті диабет қаупі жоғары болуы мүмкін.

Қант диабеті → Пародонтоз

1. AGEs–RAGE механизмі

Схема:

Қант диабеті → гипергликемия → AGEs ↑ → RAGE белсенеді → қабыну ↑ → пародонт тіндері мен сүйек бұзылады.

Қант диабетінде қандағы глюкоза ұзақ уақыт бойы жоғары болады. Осы кезде глюкоза ақуыздармен және басқа молекулалармен байланысып, AGEs деп аталатын соңғы гликация өнімдерін түзеді. AGEs арнайы RAGE рецепторларымен байланысқанда, ағзада қабыну реакциясы күшейеді. Соның нәтижесінде пародонттағы тіндер зақымдалып, сүйектің бұзылуы күшеюі мүмкін.

1. Тотығу стрессі

Схема:

Қант диабеті → глюкоза ↑ → ROS ↑ → тотығу стрессі → жасушалардың зақымдануы → сүйек жоғалуы ↑

Қант диабетінде глюкоза жоғары болған кезде ағзада ROS, яғни реактивті оттек түрлері көбейеді. Олар тым көп болған жағдайда ағзаның антиоксиданттық қорғанысы оларды толық бейтараптандыра алмайды. Бұл жағдай тотығу стрессі деп аталады. Тотығу стрессі жасушаларға және тіндерге зиян келтіреді. Сонымен қатар сүйек түзілуіне қатысатын жасушалардың жұмысы бұзылып, сүйек жоғалуы күшеюі мүмкін.

1. Нейтрофилдердің қызметінің бұзылуы

Схема:

Қант диабеті → нейтрофилдердің қызметі бұзылады → бактерияларды жою ↓ → қабыну ұзақ сақталады → тіндердің зақымдануы ↑

Нейтрофилдер — ағзаның иммундық жүйесіндегі маңызды жасушалар. Олар ауыз қуысындағы бактерияларға қарсы қорғанысқа қатысады. Қант диабеті кезінде олардың қызметі бұзылуы мүмкін. Яғни бактерияларды анықтау және жою қабілеті төмендейді. Бактериялық әсер ұзақ сақталған кезде қабыну да ұзаққа созылады. Нәтижесінде пародонт тіндері көбірек зақымдалады.

1. Қабыну факторлары

Схема:

Қант диабеті → IL-1β, IL-6, TNF-α, IL-17 ↑ → қабыну ↑ → тіндер мен сүйек бұзылады → пародонтит/периимплантит қаупі ↑

Қант диабеті кезінде ағзада қабынуға қатысатын бірқатар цитокиндердің деңгейі жоғарылауы мүмкін. Олардың ішінде IL-1β, IL-6, TNF-α және IL-17 бар. Бұл молекулалар иммундық жауапты күшейтеді. Бірақ қабыну ұзақ уақыт сақталса, ол тек бактерияларға қарсы қорғаныс болып қалмай, ағзаның өз тіндеріне де зиян келтіреді. Нәтижесінде пародонттың дәнекер тіндері мен сүйегі бұзылып, пародонтиттің ауырлауына жағдай жасалады. Имплант айналасында да осындай созылмалы қабыну жүрсе, периимпланттық тіндердің зақымдану қаупі артады.

Кесте 1. Әлемдегі қант диабетімен ауыратын науқастардың аурушаңдығының 2021-2024 аралығындағы көрсеткіштері.

Қант диабетінің әлемдегі таралу динамикасы

Жыл	Науқас саны	Таралуы	Дереккөз
2021	536,6 млн [1]	10,5%	IDF model
2022	830 млн, барлық жас	14% ≥18 жаста	WHO estimate
2024	588,7 млн, 20–79 жас [2]	11,1%	IDF model
2050	852,5 млн, болжам [2]	—	IDF projection

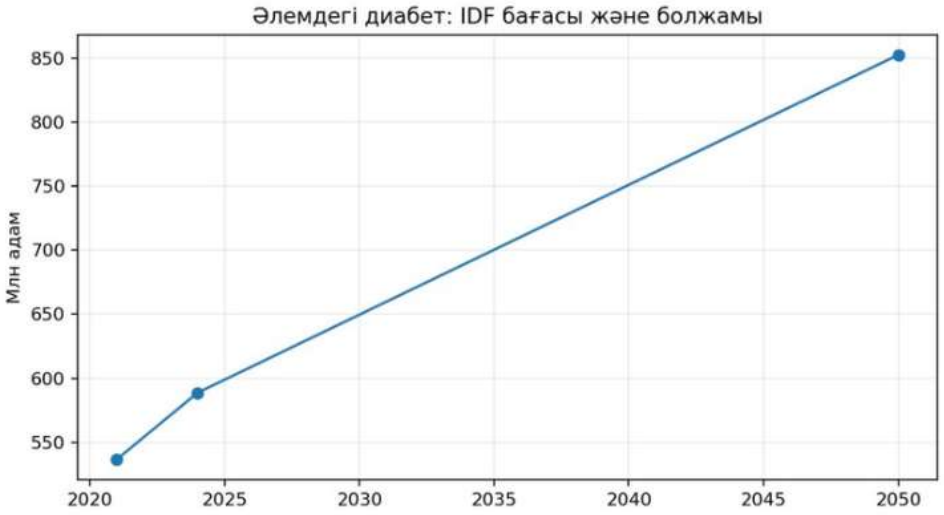


График 1. Әлемдегі диабет: 2021, 2024 және 2050 жылғы IDF бағасы/болжамы.

Талдау: Ұсынылған деректер қант диабетінің жаһандық деңгейдегі елеулі медициналық-әлеуметтік жүктемесін және оның таралуының өсу үрдісін көрсетеді. 2021–2024 жылдар аралығында аурудың таралу көрсеткіші 10,5%-дан 11,1%-ға дейін өскен. IDF болжамына сәйкес, 2050 жылға қарай қант диабетімен өмір сүретін адамдардың саны 852,5 млн адамға дейін жетуі мүмкін. Көрсеткіштерді интерпретациялау кезінде әр жылдағы жас топтары мен есептеу әдістемелерінің ерекшеліктерін ескеру қажет.

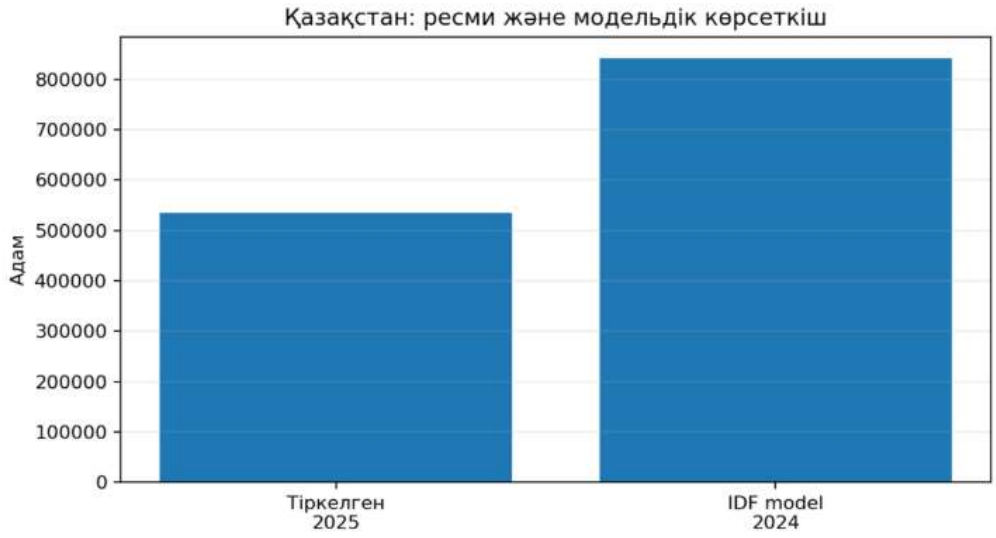
Кесте 2. Қазақстандағы қант диабетімен ауыратын науқастардың аурушаңдығының 2024-2025 аралығындағы көрсеткіштері.

Қазақстандағы қант диабетінің таралу динамикасы

Көрсеткіш	Жыл	Мәні
Ресми тіркелген пациенттер	2025	535 033 [5]
IDF(Халықаралық диабет федерациясы) модельдік бағасы, 20–79 жас	2024	842,3 мың [4]
Жас бойынша стандартталған таралу көрсеткіші	2024	6,8%
Анықталмаған диабет	2024	477,9 мың [4]
Анықталмаған үлесі	2024	56,7%

Талдау: мәліметтер Қазақстандағы қант диабетінің қазіргі эпидемиологиялық жағдайын сипаттайды. 2025 жылы ресми тіркелген қант диабеті бар пациенттер саны 535 033 адамды құраған. Сонымен қатар, IDF моделінің 2024 жылғы бағалауы бойынша 20–79 жас аралығындағы қант диабетімен ауыратын адамдар саны 842,3 мыңға жетеді. Жас бойынша стандартталған таралу көрсеткіші 6,8% құраса, анықталмаған қант диабеті бар адамдардың саны 477,9 мың деп бағаланған, бұл жалпы жағдайлардың 56,7%-ына сәйкес келеді. Бұл көрсеткіштер Қазақстанда қант диабетін ерте анықтау мен диагностикалаудың маңыздылығын көрсетеді.

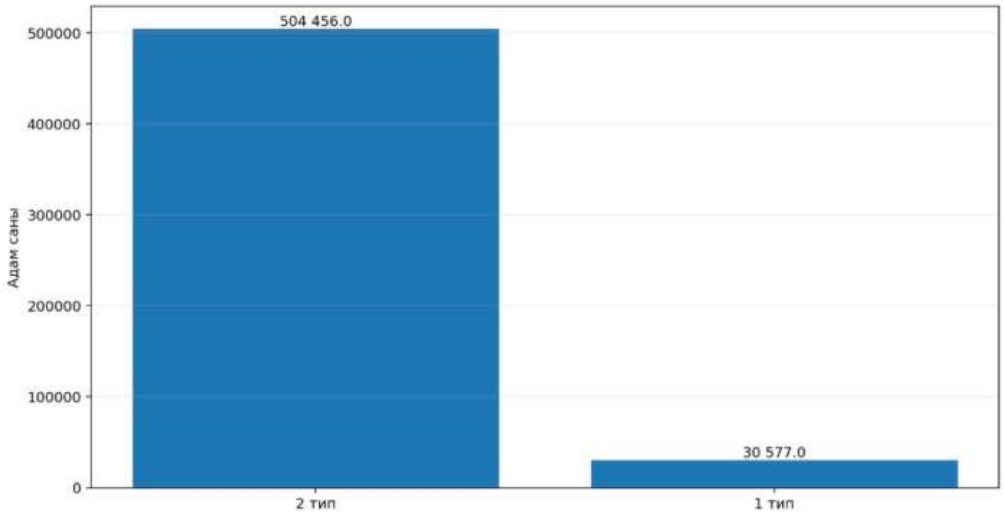
График 2. Қазақстан: ресми тіркелген және IDF модельдік көрсеткіш.



535 033 — ресми тіркелген пациенттер саны; 842,3 мың — IDF модельдік эпидемиологиялық бағасы. Бұл екі көрсеткішті бір сырқаттанушылық қатарында біріктіруге болмайды.

Талдау: Қазақстандағы қант диабеті бойынша ресми тіркелген және IDF моделіне негізделген бағалау көрсеткіштерінің арасындағы айырмашылықты көрсетеді. 2025 жылы ресми тіркелген пациенттер саны 535 033 адамды құраса, IDF-тің 2024 жылғы модельдік бағалауы бойынша 20–79 жастағы қант диабетімен ауыратын адамдар саны 842,3 мың адамды құрайды. Осылайша, модельдік бағалау ресми тіркелген жағдайлар санынан жоғары. Бұл айырмашылық қант диабетінің диагностикаланбай қалған жағдайлары болуы мүмкін екенін көрсетеді. Алайда көрсеткіштер әртүрлі жылдар мен есептеу әдістеріне негізделгендіктен, оларды тікелей динамикалық салыстыру кезінде сақтық қажет.

График 3. Қазақстандағы диабет типтері, 2025.



Талдау: Қазақстандағы қант диабетінің 1 және 2 типтері бойынша тіркелген жағдайлардың арақатынасын көрсетеді. 2025 жылы 2 типті қант диабеті бар пациенттердің саны 504 456 адамды, ал 1 типті қант диабеті бар пациенттердің саны 30 577 адамды құраған. Осылайша, 2 типті қант диабеті жағдайларының саны 1 типпен салыстырғанда айтарлықтай жоғары. Бұл Қазақстандағы қант диабетінің жалпы құрылымында 2 типтің басым екенін көрсетеді.

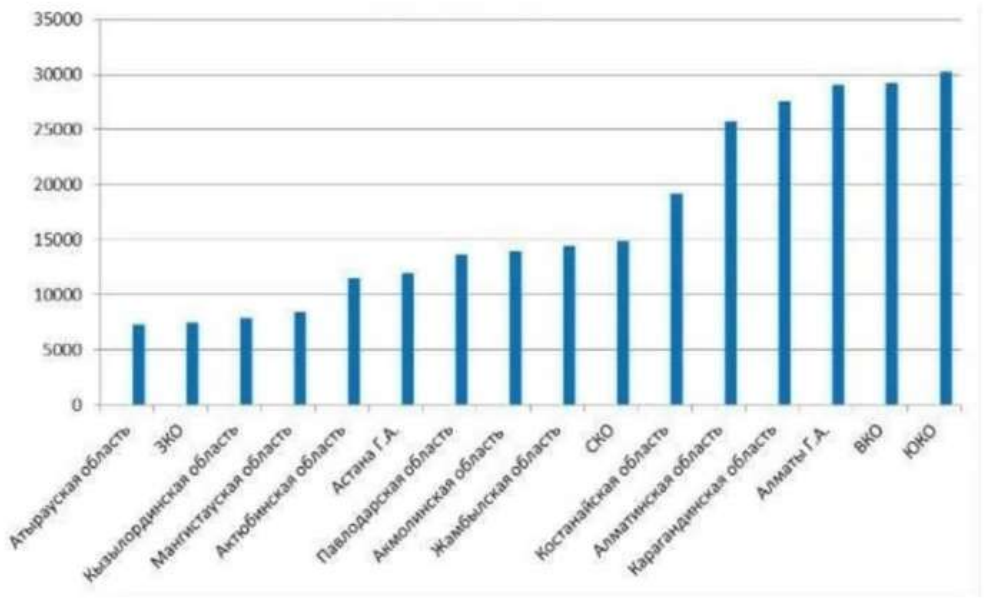
График 4. ҚАЗАҚСТАН — диабет көрсеткіштерін визуалды орналастыру



Талдау: Қазақстан бойынша толық облыстық диабет картасын ойдан шығармау керек. Ашық деректе Алматы үшін 65 800 пациент туралы дерек бар; республикалық деңгейде 31.07.2025 регистрі 544 684 пациент көрсетеді. Ұлттық статистика формасы E10–E11 бойынша өңірлік дерек жинау құрылымын көрсетеді.

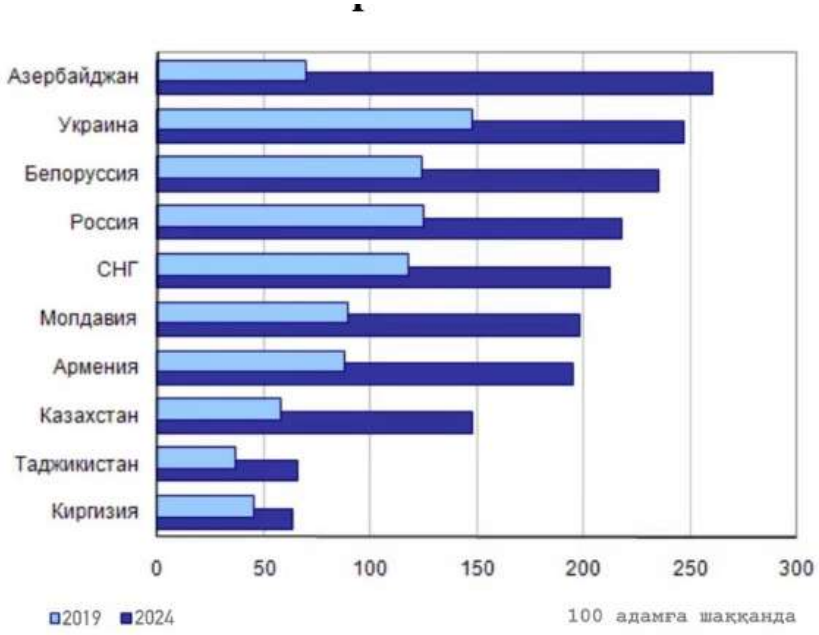
Дереккөз: ҚР ДСМ; Алматы қаласы бойынша ашық дерек; ҚР Ұлттық статистика бюросының 1(ОЗН) нысаны.

График 5. Қазақстан облыстары бойынша қант диабетімен ауыратын науқастардың таралу көрсеткіші



Талдау: Қазақстанның өңірлері бойынша қант диабетімен ауыратын пациенттер санының аумақтық айырмашылығын көрсетеді. Көрсеткіштер арасында айтарлықтай өңірлік айырмашылық байқалады. Ең жоғары мәндер Алматы қаласында, Қарағанды облысында және Алматы облысында тіркелген, ал ең төмен көрсеткіштер Түркістан облысы, Қызылорда облысы және Маңғыстау облыстарында байқалады. Жалпы, график Қазақстан аумағында қант диабетінің таралуы біркелкі емес екенін көрсетеді. Бұл айырмашылықтарды түсіндіру кезінде өңірлер арасындағы халық саны, жас құрылымы, диагностикалау деңгейі және медициналық қызметтердің қолжетімділігі сияқты факторларды ескеру қажет.

График 6. Әлем бойынша қант диабетімен ауыратын науқастардың таралу көрсеткіші



Талдау: 2019 және 2024 жылдардағы бірқатар елдердегі қант диабетімен ауыратын науқастардың таралу көрсеткіштерін салыстырады. Көрсетілген деректер бойынша барлық дерлік елдерде 2024 жылы көрсеткіштің 2019 жылмен салыстырғанда артқаны байқалады. Ең

жоғары көрсеткіштер Әзербайжан, Украина және Беларусьте байқалса, Қазақстанда да қарастырылып отырған кезеңде көрсеткіштің айтарлықтай өскені көрінеді. Қазақстан бойынша көрсеткіш 2019 жылғы шамамен 60-тан 2024 жылы 150-ге жуық мәнге дейін жоғарылаған. Жалпы, график зерттелген елдерде қант диабетінің таралу деңгейінің өсу үрдісін және мемлекеттер арасындағы айтарлықтай айырмашылықтарды көрсетеді.

Кесте 3. АҚШ және Қазақстандағы қант диабеті

Көрсеткіш	Қазақстан	АҚШ
IDF 2024, 20–79 жас	842,3 мың [4]	38,5 млн
Ресми тіркелген	535 033 (2025) [5]	40,1 млн (2023, CDC)
Негізгі қаржыландыру	ОСМС/ГОБМП + жеке төлем	Medicare/Medicaid/private insurance

- **Medicare** — АҚШ-тағы қарт адамдарға және кейбір мүгедектігі бар адамдарға арналған мемлекеттік медициналық сақтандыру бағдарламасы.
- **Medicaid** — табысы төмен адамдарға арналған мемлекеттік медициналық сақтандыру бағдарламасы.
- **Private insurance** — жеке медициналық сақтандыру (жеке сақтандыру компаниясы ұсынатын сақтандыру).

Талдау: Қазақстанда 2026 жылғы 1 қаңтардан қант диабеті әлеуметтік маңызы бар аурулар тізімінен шығарылды. Бұл медициналық көмектің тоқтағанын білдірмейді: диабет бойынша көмек ОСМС жүйесі арқылы ұйымдастырылатын модельге ауысты, ал ерте анықтау скринингіне қолжетімділік кеңейтілді.

АҚШ-та Original Medicare routine dental services-тің көпшілігін қамтымайды. Кейбір стоматологиялық процедуралар covered medical service-пен тікелей байланысты болса ғана қамтылуы мүмкін. Medicaid adult dental benefits штаттарға қарай өзгереді. Бұл medical–dental fragmentation проблемасын көрсетеді.

Кесте 4. Диабет және периимпланттық асқынулар

Көрсеткіш	Нәтиже	95% CI / ескерту
Периимплантит	OR 1,553	1,084–2,226
Импланттың сәтсіздігі	OR 1,777	Метаанализ
1-типті және 2-типті имплант сәтсіздігі	OR 4,477	Метаанализ
Негізгі қауіп модификаторлары	HbA1c, пародонт жағдайы, темекі шегу, қатар жүретін ауру	Жекелендірілген бағалау

Талдау: Диабет имплантацияға абсолютті қарсы көрсетілім емес. Негізгі менеджменттік шешім — гликемиялық бақылау, пародонт тіндері жағдайын біріктіретін жеке тәуекелді бағалау.

Профилактика және алдын алу шаралары

Қант диабетінің профилактикасы

1-типті қант диабетінің қазіргі таңда дәлелденген бастапқы профилактикасы жоқ, сондықтан алдын алу шаралары негізінен 2-типті қант диабетіне қатысты.

1. Дұрыс тамақтану

- Көкөністерді, жемістерді, бұршақ тұқымдастарды және тұтас дәнді өнімдерді көбейту.
- Құрамында көп мөлшерде қант қосылған сусындарды шектеу.
- Фастфуд, тәтті тағамдар және жоғары өңделген өнімдерді азайту.
- Майлы және қуырылған тағамдарды шамадан тыс пайдаланбау.
- Тамақ мөлшері мен тамақтану тәртібін бақылау.

2. Қандағы глюкозаны бақылау

Қауіп факторлары бар адамдарға профилактикалық тексеруден өту қажет:

- аш қарындағы қандағы глюкоза;
- HbA1c;
- қажет болған жағдайда глюкозаға төзімділік сынамасы.

Предиабетті ерте анықтау диабеттің дамуын алдын алуға мүмкіндік береді.

3.Стоматологиялық профилактика

- ауыз қуысының күнделікті гигиенасын сақтау;
- тістерді күніне 2 рет тазалау;
- тісаралық кеңістіктерді тазалау;
- стоматологқа профилактикалық тексерілу;
- гингивит пен пародонтит белгілерін ерте емдеу ұсынылады.

Нормативтік құқықтық актілер

Қант диабетімен ауыратын науқастарға мемлекет тарапынан медициналық көмек

2025 жылға дейін:

Қант диабеті → әлеуметтік мәні бар ауру → ГОБМП арқылы мемлекеттік кепілдіктер.

2026 жылғы 1 қаңтардан бастап:

Қант диабеті әлеуметтік мәні бар аурулар тізімінен шығарылды → көмек негізінен МӘМС арқылы көрсетіледі.

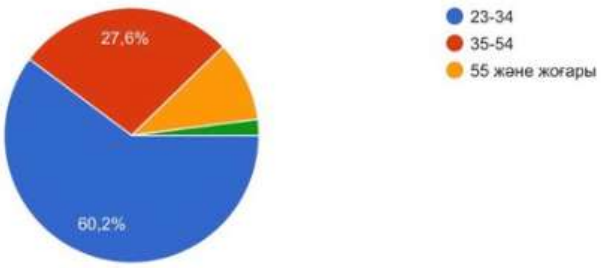
Сақтандырылған пациент: қажетті медициналық көмек МӘМС шеңберінде көрсетіледі.

Маңызды: Диабетке тегін көмек жойылған жоқ, негізгі өзгеріс — оның қаржыландыру механизмінің өзгеруі.

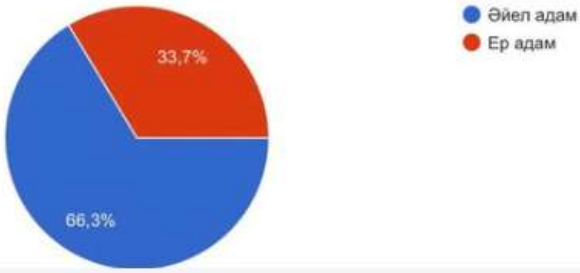
Қауіп: *сақтандырылмаған пациенттердің медициналық көмекке қолжетімділігі төмендеуі мүмкін.*

Сауалнама нәтижелері

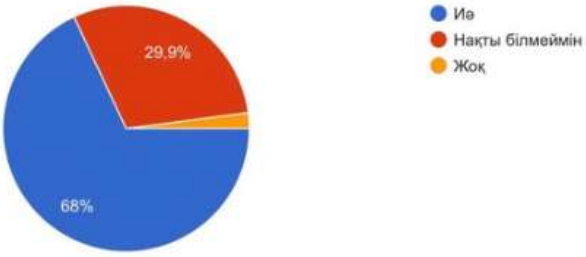
Сіздің жасыңыз?



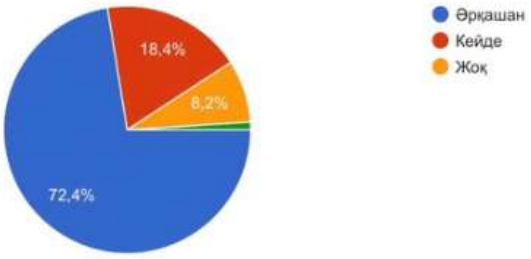
Сіздің жынысыңыз?



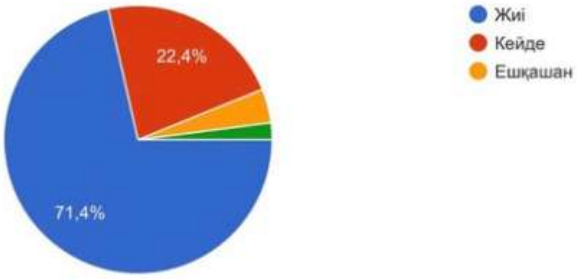
Қант диабеті бар пациенттерге тұрақты стоматологиялық бақылау қажет деп санайсыз ба?



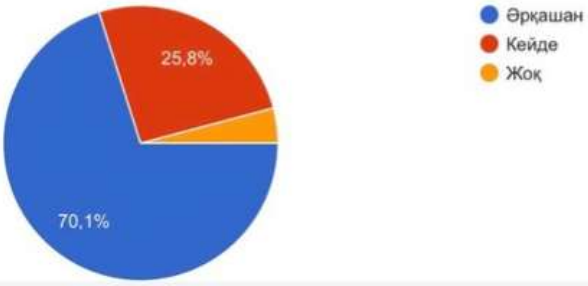
Пациентке қандағы қант деңгейін бақылаудың ауыз қуысы денсаулығы үшін маңызын түсіндіресіз бе?



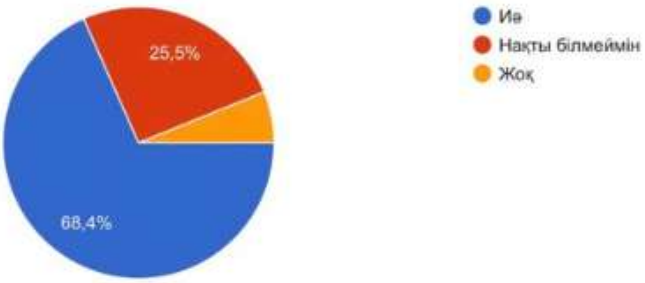
Қант диабеті бар пациентті емдеу кезінде эндокринологпен байланыс жасайсыз ба?



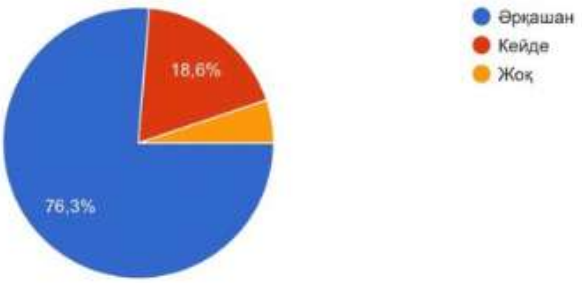
Қант диабеті бар пациенттердің пародонт жағдайын тексересіз бе?

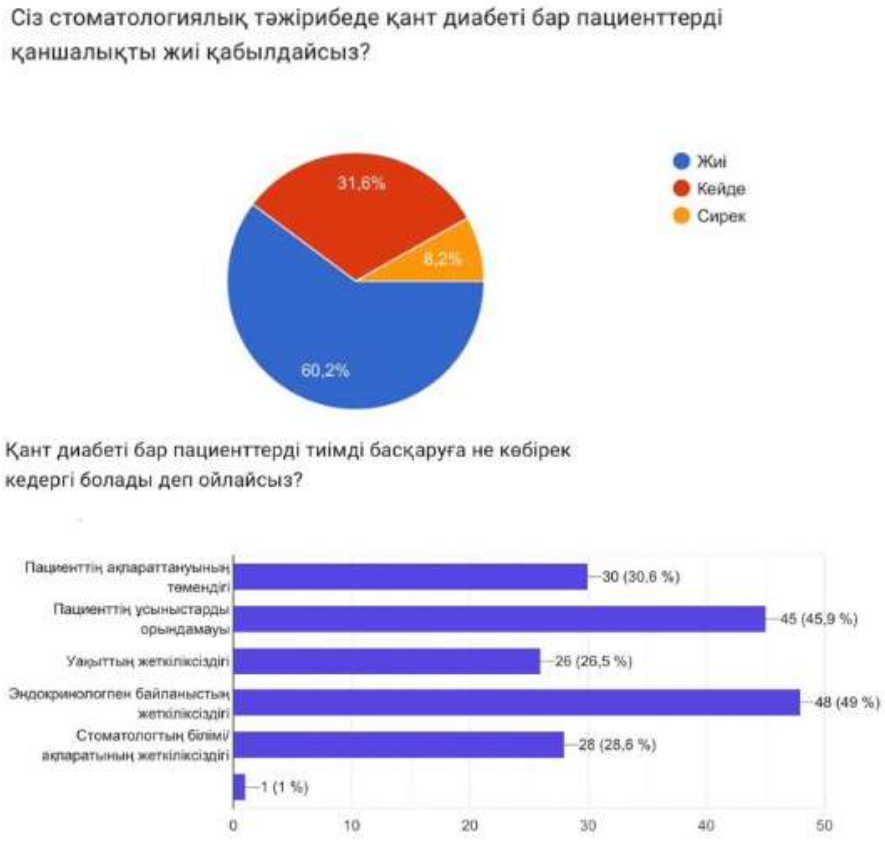


Қант диабетін пародонтоздың қауіп факторы деп санайсыз ба?



Қант диабеті бар пациенттерге кәсіби ауыз қуысы гигиенасын ұсынасыз ба?





Сауалнама нәтижесінің қорытындысы

- Сауалнамаға 100 респондент қатысты. Нәтижелер стоматологтардың көпшілігі қант диабеті бар пациенттермен жұмыс істейтінін және диабеттің пародонт ауруларымен байланысын түсінетінін көрсетті.
- Респонденттердің басым бөлігі пародонт жағдайын тексереді, кәсіби ауыз қуысы гигиенасын ұсынады және қандағы глюкозаны бақылаудың маңызын түсіндіреді.
- Сонымен қатар, негізгі қиындықтар ретінде пациенттердің дәрігер ұсыныстарын орындамауы және эндокринологпен байланыстың жеткіліксіздігі анықталды.
- Сондықтан қант диабеті бар пациенттерді басқаруда ерте профилактика, тұрақты стоматологиялық бақылау және стоматолог пен эндокринологтың бірлескен жұмысы пародонтит пен периимпланттық аурулардың алдын алудың негізгі бағыттары болып табылады.

Экономикадағы рөлі

Кесте 5. Қазақстан Республикасында 2019–2024 жылдардағы қант диабетімен ауыратын пациенттер саны мен шығындар динамикасы

Жыл	Шығындар (млрд теңге)	Өсу қарқыны (%)	Пациенттер саны	Өсу қарқыны (%)
2019	17,1	-	311 957	-
2020	23,00	+35%	335 958	+8%
2021	31,3	+36%	362 301	+8%
2022	38,6	+23%	505 642	+40%
2023	45,6	+18%	437 210	-14%
2024	50,2	+10%	440 932	+0,9%

Талдау:

• 2019–2024 жылдары дәрі-дәрмекке жұмсалған шығындар 193%-ға, ал пациенттер саны 41%-ға өскен. Бұл шығындардың пациенттер санына қарағанда әлдеқайда жылдам артқанын көрсетеді.

• Әсіресе 2022–2024 жылдары шығындардың өсуі айқын байқалады, ал осы кезеңде пациенттер саны тұрақтанған немесе төмендеген. Мұндай айырмашылыққа дәрілік терапия құрылымының өзгеруі, заманауи қант төмендететін препараттар мен инсулин аналогтарын қолданудың кеңеюі, сондай-ақ дәрі-дәрмек бағасы мен орталықтандырылған сатып алу жүйесінің ерекшеліктері әсер етуі мүмкін.

• Қант диабетімен ауыратын бір пациентті дәрі-дәрмекпен қамтамасыз етудің орташа құны негізгі нозологиялық топтар арасындағы орташа көрсеткіштен жоғары болды. Бұл аталған аурудың денсаулық сақтау жүйесі үшін ресурсты көп қажет ететін патология екенін көрсетеді.

Қорытынды:

Қант диабеті бар пациенттерді стоматологиялық басқару — пародонтит пен периимпланттық аурулардың алдын алуда маңызды бағыт. Қазақстанда диабетпен сырқаттанушылық **2022 жылғы 265,3-тен 2024 жылы 328,3 жағдайға / 100 мың халыққа дейін өсті.**

Диабет пен пародонтит арасында екіжақты байланыс бар: **пародонтит диабеті бар адамдарда 67,8%, ал диабеті жоқ адамдарда 35,5% кездеседі (OR=1,85).** Пародонтологиялық емнен кейін HbA1c орташа 0,43 пайыздық пунктке төмендеуі мүмкін.

Сондықтан диабеті бар пациенттерді басқаруда ерте скрининг, тәуекелді бағалау, профилактика, тұрақты қайта қарау және стоматолог–эндокринологтың бірлескен жұмысы маңызды. Бұл тәсіл асқынуларды азайтып, стоматологиялық көмектің сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas. 10th ed. Brussels: International Diabetes Federation; 2021.
2. Sun H, Saeedi P, Karuranga S, et al. IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. Diabetes Res Clin Pract. 2022;183:109119. doi:10.1016/j.diabres.2021.109119.
3. International Diabetes Federation. Estimates of undiagnosed diabetes in adults for 2021. Diabetes Res Clin Pract. 2021.
4. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas. 11th ed. Brussels: International Diabetes Federation; 2025.
5. World Health Organization. Diabetes. Fact sheet. 14 Nov 2024.
6. ҚР Денсаулық сақтау министрлігі. Қант диабетімен ауыратын пациенттер бойынша электрондық диспансерлік база деректері. 2025.
7. American Diabetes Association Professional Practice Committee. Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2026. Diabetes Care. 2026;49(Suppl 1).
8. International Diabetes Federation. Germany Diabetes Country Report 2000–2050. 2025.
9. International Diabetes Federation. United Kingdom Diabetes Country Report 2000–2050. 2025.
10. International Diabetes Federation. Japan Diabetes Country Report 2000–2050. 2025.
11. ҚР Денсаулық сақтау министрінің 21.10.2025 №112 бұйрығы. Әлеуметтік маңызы бар аурулар тізімі.
12. Қазақстан Республикасы. Халық денсаулығы және денсаулық сақтау жүйесі туралы Кодекс. Қолданыстағы редакция.
13. ҚР Денсаулық сақтау министрлігі. 2026 жылдан диабет бойынша медициналық көмектің ОСМС жүйесіне ауысуы туралы ресми ақпарат.
14. ҚР Денсаулық сақтау министрлігі. 2026 жылдан диабет скринингінің қолжетімділігі туралы ресми ақпарат.

УДК: 616 – 33 - 002. 44 - 05.1- 08
DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-32-36

СТРЕСС ИНДУЦИРОВАННЫЕ ЯЗВЫ ПРИ ТРАВМАХ

ГАСАНОВ А.М.
МАТА О. К.
Кордайская районная больница. Кордай, Республика Казахстан

КУТТЫКОЖАЕВА С.А.
Медицинский центр "САНА", Алматы, Республика Казахстан

ДЖАКСЫМБАЕВ Н. Б.
Кыргызский государственный медицинский институт переподготовки и повышения квалификации им. С. Даниярова, город Бишкек, Кыргызская Республика

АСКЕРОВ Р.А.
КГП на ПХВ городская клиническая больница № 7, Алматы, Республика Казахстан

STRESS- INDUSED ULCER FROM INJURIES

GASSANOV A.M.
MATA O.K.
Kordai Regional Hospital. Kordai, Republic of Kazakhstan

KUTTYKOZHAYEVA S. A.
Medical Center 'SANA', Almaty, Republic of Kazakhstan

JAXYMBAYEV N.B.
Kyrgyz State Medical Institute of Retraining and Advanced Training named after S. Daniyarov, Bishkek, Kyrgyz Republic

ASKEROV R.A.
City Clinical Hospital N 7, Almaty, Republic of Kazakhstan

Аннотация. *Вопрос диагностики и лечения острых посттравматических «стрессовых язв», в том числе и осложненных кровотечениями, в настоящее время изучен недостаточно, что в отдельных случаях ведет к тяжелым осложнениям, а иногда и летальным исходам. Поэтому разработка методов своевременного выявления, прогнозирования течения и лечения подобных осложнений является в настоящее время одной из первостепенных и социально значимых проблем для развития общества.*

Острое гастродуоденальное кровотечение, как осложнение стресс-язв при травмах, является опасным для жизни состоянием для пациентов, которое остается относительно недостаточно изученным в Казахстане. Данное сообщение направлено на анализ современной мировой литературы по методам эндогемостаза - для диагностики язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки и лечения и прогнозирования рецидивов гастродуоденальных кровотечений [1,2,3]. Методы эндогемостаза для лечения и профилактики гастродуоденального кровотечения остаются важными областями исследований в лечебной деятельности практикующих врачей хирургического профиля. Однако необходимы более обоснованные, существенные и научно обоснованные исследования. Обзор имеет значение как теоретически, так и практически для медицинской практики в Казахстане

Ключевые слова: *«стрессовая язва», язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, желудочно-кишечное кровотечение, стресс.*

В последние десятилетия в связи с бурным скачкообразным интенсивным развитием экономики, промышленности, транспорта, урбанизацией городов отмечается заметное увеличение количества случаев первичной регистрации острых язв, а так же их возникновения у пострадавших вследствие тяжелых анатомофункциональных нарушений при множественных, сочетанных и комбинированных повреждениях.

«Стрессовые язвы» в большинстве случаев могут не проявляться клинически, особенно на фоне тяжелых травматических повреждений опорно-двигательного аппарата, травмах головного мозга и ожоговой болезни. Протекая бессимптомно, они могут достигать гигантских размеров, но в глубину проникают лишь до подслизистого или мышечного слоя («ползучие» или «траншейные» язвы). Однако, некоторые из них приводят к массивным кровотечениям, которые зачастую и являются первыми вестниками, настораживающими хирургов. Особенно опасны в этом отношении острые язвы, располагающиеся на передней и задней стенках желудка параллельно большой и малой кривизне, на расстоянии 3-4 см. (язвы Дьелафуа). Эти отделы называют «сосудистой ахиллесовой пятой» так как здесь первичные ветви желудочных артерий достигают подслизистого слоя и далее, не разветвляясь, отходят в обратном направлении. Таким образом, не смотря на богатую сеть анастомозов в желудке можно обнаружить потенциальные участки ишемии, особенно вдоль малой кривизны.

Значимым методом обследования в подобных случаях является видеоэзофагодуоденофиброгастроскопия, позволяющая реально оценить состояние слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, а в отдельно взятых случаях провести комплексное лечение непосредственно язвенной поверхности.

С начала 2026 года количество травм составило 902, в том числе ДТП - 349, проведенными усилиями травматологов, хирургов, эндоскопистов Кордайской центральной районной больницы на базе хирургического отделения, исследования данной проблемы позволили предположить причины, предрасполагающие к возникновению «стрессовых язв» при травмах различного характера. Эзофагогастродуоденоскопию провели 50 пациентам с травмами, осложненными образованием острых язв, обострением гастрита, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, сопровождавшихся в ряде случаев желудочно-кишечным кровотечением. Было выяснено, что в этиологии возникновения подобных осложнений имеют большое значение патофизиологические механизмы, пусковым фактором для которых являются выявленные нами во всех случаях факторы риска, а так же закономерность появления таких язв при длительном обездвиживании, тяжелых физических перегрузках, переохлаждении, голодании, а так же внезапно возникающие «стрессовые факторы»: ожоги, механические травмы, в том числе тяжелые - множественные, сочетанные и комбинированные травмы, ранения, хирургические операции, заболевания и травмы центральной нервной системы, сопровождающиеся тканевой гипоксией и кровопотерей.

Таблица № 1. Количество пролеченных больных по годам.

Год	Взрослые травмы	Детские травмы	Общее количество	Операции взрослые травмы	Операции детские травмы	ВЭГДС
2025г. 8 мес.	426	250	626	202	98	0
2026г. 8 мес.	496	229	725 (на 13,6% больше)	223	79	50

По таблице № 1, за 8 месяцев 2026 года в хирургическом отделении Кордайской ЦРБ пролечено взрослых травматологических больных на 14% больше, детей же пролечено на 9,1 % меньше, операций соответственно меньше. В общем количестве, в сравнении с 8 месяцами 2025 года, по травматологии пролечено на 13,6 % больше.

Среди факторов риска возникновения и рецидива язвенной болезни мы выделили, на наш взгляд, самые значимые: частые психо-эмоциональные нагрузки, внезапно возникающие критические состояния организма вследствие внезапных перегрузок систем органов или тяжелых механических травм и повреждений, в том числе конечностей и внутренних органов.

Так как тяжелые механические повреждения, особенно полученные в результате дорожно-транспортных травм и травм другого характера, являются причиной выраженного психоэмоционального стресса, то последний практически во всех 50 (6.9% от общего числа) обследованных случаях (100%) явился одной из главных причин осложнений со стороны желудочно-кишечного тракта.

При прогнозировании возникновения и течения острой язвенной болезни определенное прогностическое значение, по мнению некоторых авторов, имеет клиническая картина. М.Ш. Ванштейн, С.М. Лифшиц (1974) считают, что систематические выраженные и продолжительные ноющие боли в эпигастрии с иррадиацией в спину, в том числе в ночное время, рвота, свидетельствуют о неблагоприятном прогнозе заболевания.

В ряде исследуемых нами случаев подобные высказывания были подтверждены, тем не менее в 60-70-% случаев отмечалось стремительное нарастание признаков появления острых язв и наблюдались отклонения от классической картины, что можно объяснить сопутствующими тяжелыми расстройствами функций органов и систем по причине травматического (сосудистого, ожогового) шока, централизацией кровообращения, уменьшением ОЦК, микроциркуляторными расстройствами, нарушением функции ЦНС при тяжелых ЧМТ и другими.

Необходимо заметить, что в некоторых случаях (35 человек – 70 %) основным признаком обострения заболевания или возникновения изменений боли в проекции луковицы двенадцатиперстной кишки, а так же незначительные, но имеющие место изменения в составе крови и ее свойств.

Таблица №2. Диагнозы и количество пациентов.

Диагнозы	Язвенная болезнь желудка	Язва луковицы двенадцатиперстной кишки	Эрозивный гастрит/ дуоденит	Поверхностный гастрит	Варикозное расширение вен и эзофагит
Количество пациентов	7	12	25	4	2
Процентное соотношение	14%	24%	12 / 13 24% / 26%	8%	4%

В некоторых случаях такая клиника была слабо выражена либо отсутствовала, в основном у пациентов с травмами грудной клетки сопровождавшихся переломом ребер, пневмо-, гемо- и гемопневмотораксами, повреждениями грудного и поясничного отделов позвоночника, головного мозга (8 человек - 16 %), что значительно затрудняло диагностику и заметно влияло на адекватность и объем терапии. Главным диагностическим методом в подобных случаях являлась гастроскопия.

У ряда вышеперечисленных пациентов с эрозивным геморрагическим гастритом в анамнезе при множественной травме с повреждением даже не- крупных сегментов опорно-

двигательного аппарата отмечался болевой синдром в области ЖКТ, сопровождавшийся слабостью, рвотой «кофейной гущей», появлением «дегтеобразного стула». См. Таблицу № 2.

В ряде случаев при гастродуоденоскопии были найдены признаки продолжающегося (2 человек, что составило 4%, которым сразу же был проведен эндоскопический гемостаз, одному аргоноплазменным коагулятором, второму пациенту наложена клипса), либо остановившегося кровотечения (язвы были покрыты гематином у 5 пациентов – 10%), язвенные поражения чаще локализовались в области луковицы двенадцатиперстной кишки и антрального отдела желудка [4].

В ряде случаев имело значение исследование содержания гемоглобина, эритроцитов, протромбинового индекса при исследовании крови. Выраженная клиника желудочно-кишечного кровотечения позволяла вовремя поставить диагноз и начать адекватную терапию, а в отдельных случаях (3 человек) в ранние сроки под прикрытием противоязвенной терапии проводить металлоостеосинтез отдельных сегментов опорно-двигательного аппарата для улучшения качества жизни пациентов, увеличения возможностей и объема ухода за пациентом, а так же сроков реабилитации.

При тяжелых сочетанных травмах, сопровождающихся тяжелыми повреждениями центральной нервной системы (ушиб, сдавление головного и спинного мозга) отмечались трудности при постановке диагноза, так как речевая способность пациента была нарушена вследствие тяжелого состояния (сопор, кома) и только адекватный анализ клинической картины и данных лабораторных исследований мог позволить выбрать, показания для проведения видеоэзофагогастроскопии. Особенно тяжело проводить диагностику у пациентов с внутричерепными гематомами, ушибами головного мозга, вдавленными переломами черепа, перенесших операцию на черепе и головном мозге в порядке срочной помощи до установления диагноза «острая язва, осложненная кровотечением».

Осложнение острых язв и эрозий кровотечениями наблюдались, по нашим данным, приблизительно в 4-5% случаев. Перфорации острых язв у нас не встречались; кровотечения в исследуемых нами историях болезней подобные случаи отмечалось у 2 (4%) обследованных пациентов. Необходимо отметить, что при развитии «стрессовых язв» и желудочно-кишечных кровотечений клинические проявления зачастую бывают скудными, слабо выраженными, а в случае тяжелых сочетанных травм – маскирующихся под клинику сопутствующих повреждений [5,6,7]. В большом количестве случаев, кровотечения, даже массивные, в связи с парезом желудка и кишечника не сопровождаются кровавой рвотой и жидким стулом с примесью крови («дегтеобразным калом» - меленой).

Значимым методом обследования в подобных случаях является эзофагофиброгастродуоденоскопия, позволяющая реально оценить состояние слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, а в отдельно взятых случаях провести лечение непосредственно язвенной поверхности. Среди лабораторных тестов, позволяющих определить кровотечение, следует иметь в виду содержание эритроцитов, количество гемоглобина и гематокрит в динамике. Изменение этих показателей и увеличение количества ретикулоцитов в сочетании с клиническими проявлениями являются важными признаками для своевременной диагностики.

В нашем случае эзофагогастродуоденоскопию проводили только тогда, когда симптомы были явными, или по жалобам пациентов.

Обобщенные данные литературы и собственные наблюдения позволяют отметить, что чаще острые язвы возникают у пациентов с тяжелыми соматическими заболеваниями, после тяжелых травм и операций, сопровождающихся несколькими стрессовыми факторами: шок, коллапс, гиповолемия, гипоксия, почечная и печеночная недостаточность, тяжелые инфекционные и невротические осложнения, эмоциональная лабильность, недостаточная коррекция потерь жидкости и электролитов, нарушение свертываемости крови. При сочетании трех и более факторов риск острых, нередко осложненных язв, возрастает.

Заключение

- Начальные симптомы кровотечения – тошнота, головокружение, «мелькание мушек перед глазами», сухость во рту, слабость, тахикардия нередко просматриваются или ошибочно считаются проявлением последствий травмы.

- Также возможно ошибочно принять рвоту кровью (когда имели место переломы кости лицевого черепа) при “свежих” травмах за желудочное или пищеводное кровотечение, имеет значение анамнез.

- Снижение уровня гемоглобина и гемотокрита зачастую принимают за естественный и ожидаемый результат, после травмы, раны с кровотечениями и гематомами, упуская из мыслей стресс-язвы.

- Пациенты после выписки продолжают примать аналгетики, без прикрытия ИПП, в связи с чем необходимы консультации гастроэнтеролога.

-Актуальность проблемы диагностики, профилактики, лечения «стрессовых язв» остается.

- При малейшем подозрении на наличие острых посттравматических «стрессовых язв», необходимо проведение эндоскопии, с целью диагностики и исключения осложнений язвенной болезни.

- Необходимо разумное использование гормонотерапии и НПВС.

- Дальнейшее ведение пациентов с участием гастроэнтеролога.

ЛИТЕРАТУРА

1. Язвенные гастродуоденальные кровотечения: учебное пособие/Щеголев А.А..;–Москва: Изд-во 2021. –19 с.
2. Кадырбеков Б. К. Современные проблемы лечения язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2022. № 7. С 95-98.
3. Ермолов А.С., Тетерин Ю.С., Пинчук Т.П. Комбинированный эндоскопический гемостаз при язвенном гастродуоденальном кровотечении. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2014;(2):4-7. [Ermolov AS, Teterin YuS, Pinchuk TP. The combined endoscopic hemostasis in case of gastroduodenal ulcerative bleeding. Pirogov Russian Journal of Surgery = Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova. 2014;(2):4-7. (in Russ.)].
4. Дарвин В.В., Ильканич А.Я., Рыжиков М.Г., Оганян А.В., Сатинов А.В. Современные подходы к эндоскопическому лечению пациентов с острыми неварикозными кровотечениями из верхних отделов желудочно-кишечного тракта. Сибирский научный медицинский журнал. 2021;41(6):4–17. doi: 10.18699/ SSMJ20210601 [Darvin V.V., Il'kanich A.Ja., Ryzhikov M.G., Oganjan A.V., Satinov A.V. Modern approaches to endoscopic treatment of patients with acute non-varicose bleeding from the upper gastrointestinal tract.Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal. 2021;41(6):4–17. doi: 10.18699/ SSMJ20210601 (in Russ.)].
5. Алыбаев М.Э. Результаты комплексного обследования больных язвенной болезнью с осложненной перфорацией. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2016. №. 4. С. 41-42.
6. Мамакеев Ж.Б. Эндоскопическое исследование в оценке отдаленных результатов в лечении перфоративных пилородуоденальных язв. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2017. №. 9. С. 44-46.
7. Джаксымбаев Н. Б. Улучшенный метод прогнозирования и профилактики рецидивных кровотечений желудочно-кишечного тракта: клинический случай. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2024. №. 6. С. 53-57.

УДК 615.835.5:616.24-085
DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-37-49

ИНГАЛЯЦИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА В РЕСПИРАТОРНОЙ МЕДИЦИНЕ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА, ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ КЛИНИКА И ПОТЕНЦИАЛ СОЧЕТАННОЙ ТЕРАПИИ С ОКСИДОМ АЗОТА

КАРИМОВ ИЛЬНУР ФЛАРЕДОВИЧ
врач, Компания: Товарищество с ограниченной ответственностью "H2Q Clinic"
Алматы, Казахстан

ЗАГИДУЛЛИНА ГУЛЬНАЗ ФЛАРЕДОВНА
врач Компания: ТОО "H2Q Clinic"
Алматы, Казахстан

УБАЙДУЛЛАЕВА ДИНА АЛЕКСАНДРОВНА
врач-невролог, Филиал Акционерного Общества "Лечебно-оздоровительного комплекса "Окжетпес" "Алматы" с торговой маркой Санаторий "Almaty Resort"
Алматы, Казахстан

ДОСАЛИЕВА ДИЛЬБАРА ЖАКСЫБЕКОВНА
врач-эндокринолог. Филиал Акционерного Общества "Лечебно-оздоровительного комплекса "Окжетпес" "Алматы" с торговой маркой Санаторий "Almaty Resort"
Алматы, Казахстан

СКАКОВА АЯУЛЫМ СЕРИККЫЗЫ
реабилитолог, Филиал Акционерного Общества "Лечебно-оздоровительного комплекса "Окжетпес" "Алматы" с торговой маркой Санаторий "Almaty Resort"
Алматы, Казахстан

Аннотация. *Молекулярный водород (H_2) за последние два десятилетия прошёл путь от вещества, считавшегося биологически инертным, до объекта более чем двух тысяч научных публикаций и десятков клинических исследований при состояниях, в патогенезе которых ключевую роль играют окислительно-нитрозативный стресс и неспецифическое воспаление. В респираторной медицине H_2 проявляет себя как противовоспалительный, антиоксидантный и митохондриопротективный агент, селективно нейтрализующий гидроксильный радикал (•OH) и пероксинитрит ($ONOO^-$) — наиболее цитотоксические активные формы кислорода и азота — без влияния на физиологически значимые редокс-сигналы.*

Цель обзора — систематизировать современную технологическую базу аппаратной H_2-ингаляции, изложить доказательную клиническую базу её применения при основных респираторных нозологиях (ХОБЛ, бронхиальная астма, COVID-19 и постковидный синдром, лёгочная гипертензия и фиброз, тяжёлые острые состояния) и оценить перспективы сочетанной терапии H_2 и оксида азота — направления, развиваемого российской пульмонологической школой на базе платформы «Тианокс».

Источниковая база охватывает рецензируемые публикации 2007—2026 гг. (PubMed/MEDLINE, Scopus, RSCI) и материалы регуляторных ведомств; особое внимание уделено работам российской школы в журналах «Пульмонология» и «Терапевтический архив». Респираторное направление H_2-терапии является наиболее зрелым по доказательной базе среди всех клинических ниш молекулярного водорода, а сочетанная NO/H_2-терапия представляет принципиально новое отечественное направление,

обоснованно рекомендуемое к расширению клинических испытаний и включению в программы реабилитации респираторных больных.

Ключевые слова: *молекулярный водород; H_2-ингаляция; оксид азота; сочетанная газовая терапия; ХОБЛ; постковидный синдром; респираторная реабилитация; PEM-электролиз*

MOLECULAR HYDROGEN INHALATION IN RESPIRATORY MEDICINE: TECHNOLOGICAL PLATFORMS, CLINICAL EVIDENCE BASE AND THE POTENTIAL OF COMBINED THERAPY WITH NITRIC OXIDE

KARIMOV ILNUR FLAREDOVICH
Physician, Limited Liability Partnership “H2Q Clinic”
Almaty, Kazakhstan

ZAGIDULLINA GULNAZ FLAREDOVNA
Physician, Limited Liability Partnership “H2Q Clinic”
Almaty, Kazakhstan

UBAIDULLAEVA DINA ALEKSANDROVNA
neurologist, Almaty Branch of the Joint Stock Company “Medical and Health Complex ‘Okzhetpes’”, operating under the trade name “Almaty Resort” Sanatorium
Almaty, Kazakhstan

DOSALIEVA DILBARA ZHAKSYBEKOVNA
Endocrinologist, Almaty Branch of the Joint Stock Company “Medical and Health Complex ‘Okzhetpes’”, operating under the trade name “Almaty Resort” Sanatorium
Almaty, Kazakhstan

SKAKOVA AYAULYM SERIKKYZY
Rehabilitation Specialist, Almaty Branch of the Joint Stock Company “Okzhetpes Medical and Health Complex ‘Okzhetpes’”, operating under the trade name “Almaty Resort” Sanatorium
Almaty, Kazakhstan

Abstract. *Molecular hydrogen (H_2) has, over the past two decades, evolved from a gas regarded as biologically inert into the subject of more than two thousand scientific publications and dozens of clinical trials addressing conditions driven by oxidative-nitrosative stress and nonspecific inflammation. In respiratory medicine, H_2 acts as an anti-inflammatory, antioxidant and mitochondrioprotective agent that selectively neutralises the hydroxyl radical (•OH) and peroxynitrite ($ONOO^-$) without affecting physiologically essential redox signalling.*

The aim of this narrative review is to systematise the current technological base of inhalational H_2 devices, to summarise the clinical evidence supporting H_2 inhalation in the principal respiratory nosologies (COPD, bronchial asthma, COVID-19 and post-COVID syndrome, pulmonary hypertension and fibrosis, severe acute respiratory conditions), and to assess the prospects of combined H_2 and nitric oxide (NO) inhalational therapy — a direction developed by the Russian pulmonological school on the basis of the Tianox platform.

The source base covers peer-reviewed publications from 2007 to 2026 indexed in PubMed/MEDLINE, Scopus and RSCI, as well as regulatory documents, with particular attention to papers by the Russian school published in Pulmonologiya and Terapevticheskiy Arkhiv. We conclude that the respiratory direction of H_2 therapy is the most mature among all clinical niches of molecular hydrogen, and that combined NO/H_2 therapy represents a fundamentally novel

domestic direction warranting expansion of clinical trials and inclusion into rehabilitation programmes for respiratory patients.

Key words: *molecular hydrogen; H_2 inhalation; nitric oxide; combined gas therapy; chronic obstructive pulmonary disease; post-COVID syndrome; respiratory rehabilitation; PEM electrolysis; pulmonary hypertension*

Введение

Большую часть XX века молекулярный водород (H_2) считали в биомедицине обычным инертным газом. Наука ошиблась. Ситуацию изменил 2007 год. Ohsawa и соавт. в *Nature Medicine* доказали **[1]**: в переносимых дозах H_2 селективно уничтожает гидроксильный радикал (•OH) и пероксинитрит ($ONOO^-$). При этом физиологически важные сигналы — пероксид водорода (H_2O_2), оксид азота (NO) и супероксид-анион ($O_2•^-$) — водород не нарушает. Эта избирательность отделяет H_2 от классических антиоксидантов: витаминов C, E и N-ацетилцистеина. Последние бьют без разбора, подавляя редокс-сигналы в больших дозах **[2]**.

За восемнадцать лет водородная медицина стала клинической реальностью **[3]**. Из всех направлений мы выбрали респираторное — и тому две причины. Первая — прямая логистика. При ингаляции газ идет кратчайшим путем: сразу к альвеолярному эпителию, эндотелию сосудов и через легкие — в системный кровоток. Вторая причина — совпадение мишеней. Патогенез ХОБЛ, астмы, ОРДС и постковидного синдрома замешан на окислительном стрессе паренхимы. Профиль H_2 бьет точно в эту цель.

Российская пульмонологическая школа под руководством академика РАН А.Г. Чучалина пошла дальше **[4]**: объединила молекулярный водород с оксидом азота. В основе метода лежит синергизм. NO работает как универсальный вазодилататор и регулятор эндотелия. H_2 здесь страхует — селективно нейтрализует пероксинитрит, который неизбежно образуется при встрече NO с супероксидом. Технологической базой для направления стал саровский ингалятор «Тианокс» (РФЯЦ-ВНИИЭФ). Аппарат позволяет подавать оба газа одновременно **[5]**

Этот обзор — попытка связать технологию электролиза с клиникой респираторных нозологий. Мы сводим воедино инженерную базу генераторов и результаты крупных испытаний. Но главный фокус внимания — сочетанная NO/H_2-терапия. Это приоритет отечественной школы, и его перспективы мы оцениваем в первую очередь.

Молекулярные основы действия H_2 в респираторной системе

У молекулярного водорода уникальный паспорт. Масса — 2,016 а.е.м.; растворимость в воде — около 1,6 ppm (примерно 0,8 ммоль/л при нормальном давлении и 25 °C); выраженную липофильность дает коэффициент распределения октанол/вода около 0,3. Газ беспрепятственно проходит сквозь клеточные мембраны, гематоэнцефалический и гемато-плацентарный барьеры. Без специфических переносчиков он проникает в ядро и митохондриальный матрикс **[6]**. Отсюда и терапевтический профиль: водород работает системно, обходится без активного транспорта и добирается туда, куда закрыт доступ большинству лекарств.

Базовый механизм описали Ohsawa и соавт. **[1]**, а последующие исследования его подтвердили **[2, 3]**: газ селективно нейтрализует самые опасные активные формы кислорода и азота. Гидроксильный радикал •OH рождается в реакции Фентона. Его константа реакции с биомолекулами бьет в диффузионный предел (10^9–10^{10} $M^{-1}·c^{-1}$): радикал карбонилирует белки, ломает нуклеиновые кислоты с образованием маркера 8-OHdG и запускает цепное перекисное окисление липидов. Пероксинитрит $ONOO^-$ нитрозилирует тирозиновые остатки белков до 3-нитротирозина. Именно эти две мишени H_2 забирает на себя. Сигнальные H_2O_2, NO и $O_2•^-$ он не трогает — они остаются в норме.

Но чистый радикал-захват не объясняет всего, и нас здесь смущает стехиометрия. При ингаляции 1–4% концентрация H_2 в тканях составляет 10–100 мкмоль/л, а концентрация •OH в клетке ничтожна — порядка 10^{-9} моль/л. Этот дисбаланс заставил науку искать опосредованные пути: модуляцию сигнальных каскадов и запуск эндогенной защиты **[3]**.

Ядерный фактор Nrf2 — главный диспетчер антиоксидантного ответа клетки — водород включает непрямым путем, модифицируя цистеиновые остатки белка-адаптера Keap1. Активированный Nrf2 уходит в ядро. Там он запускает сборку более чем 200 цитопротективных генов. В лёгочной ткани эта лавина ферментов спасает от гибели капиллярный эндотелий, альвеолярный эпителий и резидентные макрофаги — причем последние защищаются жестче всего, удерживая барьер. Из канонического перечня генов водород активнее всего разворачивает гемоксигеназу-1 (HO-1) и глутаматцистеинлигазу, тогда как NQO1, тиоредоксин и глутатион-S-трансферазы остаются в роли ведомых.

Одновременно H_2 гасит воспалительный каскад NF-κB и блокирует инфламмасому NLRP3 **[2, 3]**. NF-κB прорывается в ядро, открывая шлюзы для провоспалительных цитокинов (IL-6, IL-1β, TNF-α), хемокинов и молекул адгезии. Мультибелковая инфламмасома NLRP3 режет про-IL-1β и про-IL-18 до активных форм, отправляя клетку в пироптоз. Оба каскада — anatomy обострений ХОБЛ, тяжелой астмы, ОРДС и цитокинового шторма при COVID-19. Блокируя их, водород доказывает свою клиническую силу.

Митохондриальная защита — третий рубеж. Митохондрии работают на два фронта: они и главный источник свободных радикалов (в норме от 0,15 до 2% потока O_2, при патологии — до 10–15%), и первая их жертва. Водород закрывает уязвимые места: бережет кардиолипин внутренней мембраны, прикрывает комплексы I и III дыхательной цепи, держит потенциал и останавливает апоптоз органелл. Для пульмонологии эти эффекты стали очевидны после экспериментов Нестерова и соавт. **[7]**, выявивших митохондриопротекцию на моделях острого лёгочного повреждения.

Сейчас ученые нащупали первичную мишень H_2 — Fe-порфирин гем-содержащих структур. Гипотеза, которую выдвинул Ohta и развивает группа Sun X. **[8]**, утверждает: водород связывается с гемом, меняет его электронную конфигурацию и запускает цепочку эффектов, включая тот же Nrf2. Это ломает старые представления о простом перехвате радикалов и выводит водородную медицину на структурный уровень.

Селективный перехват радикалов, включение Nrf2, подавление NF-κB и NLRP3, защита митохондрий и связь с Fe-порфиринами — вместе эти механизмы создают плотный оборонительный щит. Для израненной дыхательной системы это лучший сценарий.

Технологическая база H_2-генераторов для клинических применений

В основе современной аппаратной базы лежит электролиз воды. Инженеры разделяют три метода: щелочной (Alkaline Water Electrolysis, AWE), с протонообменной мембраной (Proton Exchange Membrane, PEM, или Solid Polymer Electrolyte, SPE) и с анионообменной мембраной (Anion Exchange Membrane, AEM). Для медицины выбор критичен: от технологии зависят чистота газа, безопасность пациента, ресурс ячейки и цена аппарата **[9]**

Щелочные установки работают на концентрированном растворе KOH или NaOH через никелевые электроды и микропористую диафрагму. Метод старый, дешевый, но для клиники у него два непреодолимых барьера. Первый — риск химического ожога: гарантировать отсутствие следов щелочи в выходящем газе невозможно. Второй — низкая чистота водорода (всего 99,5—99,8%). Едкие примеси электролита вызывают сильное раздражение верхних дыхательных путей — это делает AWE неприемлемым для процедур дольше 30 минут.

Медицинский стандарт сегодня задает PEM-электролиз. Здесь твёрдым электролитом служит тончайшая полимерная мембрана (обычно Nafion), а катализаторами — платина и иридий. Мембрана ставит физический заслон: изолирует анодный поток кислорода (O_2) от катодного потока водорода (H_2). Чистота на выходе идеальная — 99,99—99,9995%; ресурс

мембранно-электродного блока (МЭБ) достигает 8 000—12 000 часов. При минимальных габаритах инженеры получают мгновенный отклик на регулировку производительности, поэтому PEM/SPE-ячейки вытеснили конкурентов из респираторной медицины **[9, 10]**. Третий метод, AEM, застрял на полпути между щелочью и PEM. Чистота там неплохая (99,9—99,99%), а катализаторы дешевле, но в реестрах сертифицированной медицинской техники таких устройств пока почти нет.

Японская школа фактически создала клиническую водородную медицину. Основные исследовательские центры — Школа медицины Университета Нихон (проф. Sh. Ohta) и Университет Кэйо (проф. M. Sano). Местные производители (*MiZ Co., Doctors-Man, Helix Japan, Suiso Sum*) выпускают в основном низкопоточные аппараты (200—500 мл/мин). Целевую концентрацию во вдыхаемой смеси они жестко держат в пределах 1,3—4% — это ниже нижнего предела взрывоопасности (4,1%). Регуляторный статус высокий: PMDA присвоил технике класс I/II, а часть протоколов с 2016 года вошла в государственную категорию передовых медицинских технологий *Senshin Iryo* (категория B).

Китайская платформа, напротив, захватила высокопоточный сегмент. Шанхайская компания *Asclepius Meditech* создала генераторы AMS-H-01 (около 3 л/мин) и AMS-H-03: последний выдает до 6 л/мин через PEM-ячейку с иридий-рутениевым анодом. У китайского метода опасная особенность — аппарат гонит «гремучую смесь Брауна» (66,6% H_2 и 33,3% O_2). Короткие ингаляции сверхвысоких концентраций здесь требуют строжайшего приборного контроля. Сертификат NMPA класса III они получили 2 февраля 2020 года; на этой базе выполнены главные китайские РКИ при ХОБЛ и COVID-19 **[11]**. Рядом идет корейская школа (*Hue Light Co.*), но она делает ставку на гибридные оздоровительные комплексы. Их платформа H-2000 (KFDA класс II, FDA класс I) интегрирована в мультимодальную капсулу HM-SPA500: пациент одновременно получает ингаляцию, фотобиомодуляцию и нанопузырьковую водородную ванну.

Российская инженерная школа переросла статус импортера. Главное достижение — саровский медицинский комплекс «Тианокс» (РФЯЦ-ВНИИЭФ). Сначала его проектировали как генератор оксида азота, но затем контур расширили для одновременной подачи NO и H_2 **[5]**. Регистрационное удостоверение Росздравнадзора Саров получил 22 июня 2020 года; завод выпускает около 200 единиц в год, защищенных четырьмя патентами РФ. Для чистой кардиохирургии Нижний Новгород разработал свой аппарат — «Бозон-Н H_2». Он подает до 2% водорода прямо в дыхательный контур наркозного аппарата Нижегородского кардиоцентра. Научную поддержку ведут РНИМУ имени Н.И. Пирогова под руководством академика А.Г. Чучалина **[4]**, ПИМУ, МГУ имени М.В. Ломоносова **[6]**, РУДН, Воронежский и Нижегородский госуниверситеты.

Западные разработки (*AquaVolta, HydroGenie, Drink HRW*) серьезно отстают в регуляторном поле. Исследовательские группы в Норвегии (*Nacamed AS*), Чехии (*Olomouc*), Франции (*Zysman*) и Сербии (*Ostojic*) ведут пилотные тесты, но официального статуса ингаляционного лекарственного агента метод не получил ни в США, ни в Евросоюзе. FDA США держит водород в категории *wellness* (Class I) или выдает пищевой статус GRAS, а в ЕС аппараты сертифицируют по общему техническому регламенту MDR класса IIa/IIb..

Логистика доставки зависит от тяжести пациента. Для рутины хватает носовой канюли низкого потока (до 1 л/мин) или лицевой маски (1—10 л/мин). В реанимациях (ОРИТ) тяжелых больных переводят на канюли высокого потока (HFNC, 5—60 л/мин) или подключают водородный модуль напрямую к контуру ИВЛ. Интерфейс диктует клиника.

Таблица 1. Основные аппаратные платформы для клинической ингаляционной терапии молекулярным водородом (по состоянию на 2025 г.)

Производитель / страна	Модель	Метод электролиза	Производительность H_2	Концентрация H_2 во вдыхаемой смеси	Регуляторный статус и применение
MiZ Co. (Япония)	MHG-2000α	PEM/SPE	30—60 мл/мин	1,3—4%	PMDA класс I/II; Senshin Iryo категории B (с 2016 г.); чистота 99,99%; ресурс МЭБ 8 000—12 000 ч
Doctors-Man (Япония)	H2JI1, H2JIA, FN1	PEM/SPE	200—1 200 мл/мин	1—4%	PMDA класс II; платформа японских РКИ; чистота 99,99%
Asclepius Meditech (КНР)	AMS-H-01 / H-03	PEM (Ir-Ru анод, Pt/C катод)	1 500—6 000 мл/мин	4—66,6% H_2 + 33,3% O_2	NMPA класс III (02.02.2020); РКИ Zheng 2021 (ХОБЛ), Guan 2020 (COVID-19)
Hue Light Co. (Корея)	H-2000; HM-SPA500	PEM (Pt-Ti катализатор)	1 200—2 100 мл/мин	4—66% H_2 + 33% O_2	KFDA класс II + FDA класс I (510(k)) + CE; ресурс МЭБ 10 000 ч
РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров (РФ)	Тианокс (NO + H_2)	Плазмохимический синтез NO + внешний PEM-генератор H_2	NO 5—80 ppm + H_2 < 4%	NO 20—80 ppm + H_2 1,5—4%	Росздравнадзор 2020; 4 патента РФ; клинические работы Позднякова 2024, Пичугин 2024

Примечание.Характеристики платформ взяты из эксплуатационных и регистрационных документов производителей, клинические исследования — из списка литературы. МЭБ означает мембранно-электродный блок. Приборы для общего оздоровления в таблицу не вошли.

Клиническая доказательная база ингаляционной H_2-терапии в респираторной медицине

Хроническая обструктивная болезнь лёгких. Клиническую опору методу дает многоцентровое РКИ Zheng и соавт. (2021) **[11]**. Китайские авторы взяли 200 пациентов с обострением ХОБЛ и разделили их поровну. Основная группа в течение недели получала водородно-кислородную смесь (66,6% H_2 и 33,3% O_2) как дополнение к стандартным назначениям; контроль дышал медицинским воздухом. Схема сработала. На седьмые сутки водород значимо снизил тяжесть симптомов по шкале BCSS. Пациенты основной группы быстрее избавлялись от одышки по CAT, реже дышали, а их сатурация выровнялась без единого серьезного осложнения.

В наблюдательном исследовании Wang ST и соавт. (2020) **[12]** проверили действие четырехнедельных ингаляций у тяжелых астматиков и больных ХОБЛ. Ежедневные часовые сеансы через маску принесли результат: в сыворотке упали маркеры нейтрофильного

воспаления (IL-6, IL-8, TNF-α и фракталкин CX3CL1). Параллельно авторы зафиксировали снижение малонового диальдегида — системного маркера окислительного стресса.

Отечественный опыт реабилитации представила группа Шогеновой и соавт. (2024) **[13]**. Проспективный контроль охватил пациентов с дыхательной недостаточностью после обострения ХОБЛ в постковидном периоде. Больным давали 4-процентный H_2 по 60 минут ежедневно от 10 до 14 дней. Водород переломил динамику: у пациентов выросла дистанция 6-минутной ходьбы (6WMT), упали баллы одышки mMRC и улучшилось качество жизни по опроснику SGRQ. Гемодинамика при этом оставалась стабильной.

Бронхиальная астма. На мышах линии BALB/c с овальбумин-индуцированной астмой Не и соавт. (2024) **[14]** доказали: ингаляция H_2 тормозит эозинофильную инфильтрацию дыхательных путей. Водород гасит цитокины Th2-профиля (IL-4, IL-5, IL-13) и блокирует активность NF-κB. На людях пока идут только пилотные тесты, но логика биохимии понятна — газ бьет точно в механизмы воспаления.

COVID-19 и постковидный синдром. Главным клиническим аргументом при острой инфекции остается открытое РКИ Guan и соавт. (2020) **[15]** в шести госпиталях КНР. Из 90 набранных пациентов 17 находились в критическом состоянии. Ингаляция смеси Брауна (66,6% H_2 и 33,3% O_2) на платформе *Asclepius Meditech* шла до выздоровления. Итог: водород сократил время кислородной зависимости и снял одышку быстрее исторического контроля. На этой базе Китай внес H_2-терапию в Седьмую редакцию национальных рекомендаций по лечению COVID-19.

Французское исследование H2COVID фазы I (Zysman и соавт., 2024) **[16]** зафиксировало безопасность метода по протоколу ANSM. Три когорты по 10 пациентов со среднетяжелым течением COVID-19 получали возрастающие дозы — от 1% до 4% водорода. Побочных эффектов французское агентство не выявило. Концентрацию 4% авторы признали максимальной переносимой и рекомендовали для фазы II/III.

При постковидном синдроме (Long COVID, шифр U09.9) клиническую базу подперли чешские исследователи. Botek и соавт. (2022) **[17]** отобрали 50 взрослых пациентов, которые задыхались дольше четырех недель после инфекции. Схема: 4-процентный H_2 по 60 минут дважды в день в течение двух недель. Водород всухую выиграл у плацебо-воздуха: у пациентов значимо выросли пройденное расстояние в тесте 6MWT, форсированная емкость легких (ФЖЕЛ) и пиковая скорость выдоха (PEF). Субъективная утомляемость по ВАШ упала.

Российские исследователи проработали этот синдром глубже остальных. Шогенова и соавт. (2021) **[18]** вернули форму 60 медикам, перенесшим COVID-19. Стандартный санаторный курс усилили 2-процентным H_2 через канюлю по 30 минут ежедневно на протяжении 10 дней. Результат: нормализация спирометрии, пульсоксиметрии и прирост дистанции ходьбы при нулевой токсичности.

Позднякова и соавт. (2024) **[19]** пошли дальше — применили сочетанную ингаляцию NO и H_2 (NO 60 ppm, H_2 < 4%, 90 минут в день, 10 суток) у 34 пациентов с тяжелым постковидом. Одышка mMRC упала в среднем на 1,2 балла, тест 6MWT дал чистый прирост на 78 метров, а депрессия по HADS и усталость по FAS снизились на 4,3 и 6,1 балла. В 2026 году эта же группа **[20]** в контролируемом исследовании на 60 пациентах доказала: комбинированная NO/H_2-терапия превосходит чистый оксид азота по большинству функциональных шкал.

Лёгочная гипертензия и лёгочный фиброз. Вектор доклинических исследований задают эксперименты. Куропаткина, Гуфранов и соавт. (2024) **[21]** смоделировали монокроталин-индуцированную лёгочную гипертензию на крысах. Трехнедельные ингаляции 4-процентного H_2 дали четкий результат: водород снизил интерстициальное воспаление, подавил активность тучных клеток и сбил системное артериальное давление. Однако на прямые гемодинамические маркеры в легочной артерии газ не повлиял. Этот тупик и подтолкнул авторов к изучению NO — так родилась концепция сочетанного NO/H_2-

протокола. Параллельно Чучалин (2022) **[22]** предложил использовать атомарный водород против постковидного лёгочного фиброза. Метод должен усилить классическую антифибротическую броню из пирфенидона и нинтеданиба.

Тяжёлая клиника и интенсивная терапия. Эксперименты на моделях сепсиса, LPS-индуцированного повреждения и жесткой баротравмы лёгких зафиксировали падение смертности. Водород убирает цитокины, блокирует альвеолярный апоптоз и защищает митохондрии. Путь понятен — через активацию Nrf2 и гашение NF-κB. Метаанализ Xiao и соавт. (2024) **[23]** подтвердил: противовоспалительный эффект высоких доз H_2 стабилен. В реаниматологии самой зрелой остается линия постостановочного синдрома. Японская школа Sano—Tamura последовательно прошла путь от нормоксических моделей на животных до клиники. Они доказали: H_2-ингаляции спасают неврологический статус, особенно если совместить их с контролем температуры тела.

Сочетанная терапия молекулярным водородом и оксидом азота

Российская пульмонологическая школа под руководством академика РАН А.Г. Чучалина развернула принципиально новое поле — сочетанный ингаляционный протокол. Концепцию, методологию и первые результаты авторы системно изложили в программных обзорах Чучалина (2024) **[4]** и Медведева (2024) **[6]** в журнале «Пульмонология».

Концептуальное обоснование. Оксид азота — канонический эндогенный вазодилататор. Пульмонологи применяют iNO с 1993 года при ОРДС, легочной гипертензии новорожденных и в кардиохирургии. Но у чистого оксида три тяжелых лимита. Он за секунды реагирует с супероксидом $O_2^{\bullet -}$, рождая токсичный пероксинитрит $ONOO^-$. Он легко окисляется до ядовитого диоксида NO_2. Он грозит метгемоглобинемией. Водород решает эти проблемы разом: селективно выжигает пероксинитритный хвост, но не трогает сам оксид. Такой дуэт NO + H_2 бьет по четырем направлениям. Во-первых, он сохраняет лечебную вазодилатацию. Во-вторых, полностью блокирует нитрозативный стресс. В-третьих, гасит каскады NF-κB и NLRP3. В-четвертых — включает антиоксидантную защиту через Nrf2.

Технологическая основа и безопасность. Аппаратной базой стал саровский комплекс «Тианокс» (РФЯЦ-ВНИИЭФ). NO здесь синтезируется напрямую из воздуха с помощью высоковольтного дугового разряда. Газ проходит через каталитические фильтры, очищается от примесей NO_2 и подается в контур в дозе 5—80 ppm. Водородный модуль вливает туда же PEM-водород в безопасной концентрации до 4% **[5]**. Безопасность схемы на людях доказали Позднякова и соавт. (2024) **[24]**. В 90-минутном тесте на 10 здоровых добровольцах «Тианокс» выдал чистый профиль: сатурация SpO_2 осталась выше 96%, гемодинамика не поплыла, а метгемоглобин не превысил безопасный порог в 1,5%.

Применение в кардиохирургии. Первый практический опыт применения сочетанного протокола в условиях искусственного кровообращения (ИК) описали Пичугин и соавт. (2024) **[5]** на базе Нижегородского кардиоцентра. Смесь газов подавали в контур наркозного аппарата с продолжением в реанимации. Логика хирургов понятна: в момент снятия зажима с аорты и реперфузии миокарда ткань взрывается свободными радикалами. Чистый NO в этих условиях опасен, но H_2 ликвидирует угрозу. Сравнение основной группы ($n = 20$ пациентов с пороками сердца) и контроля подтвердило успех. У пациентов в два раза упал малоновый диальдегид в эритроцитах ($p < 0,01$). Время ИВЛ сократилось на 2,4 часа. Срок реанимации уменьшился на 0,8 суток. Число аритмий упало, а потребность в тяжелой инотропной поддержке снизилась. Дальнейший шаг — коронарное шунтирование и трансплантация сердца.

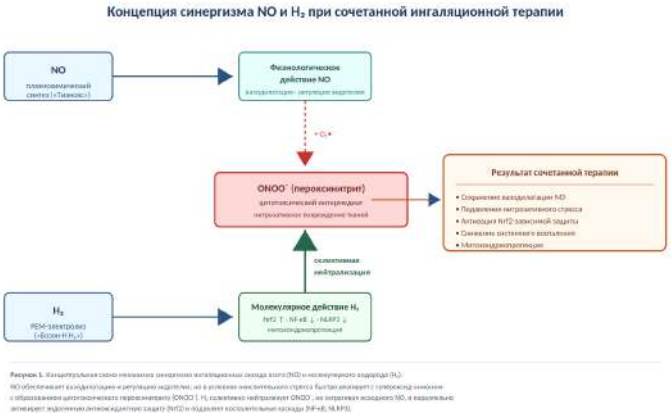


Рисунок 1. NO обеспечивает вазодилатацию и защищает эндотелий, но при окислительном стрессе мгновенно связывается супероксид-анионом. Образовавшийся пероксинитрит ($ONOO^-$) цитотоксичен. Молекулярный водород (H_2) действует избирательно: он нейтрализует только токсичный $ONOO^-$, не затрагивая сигнальный NO. Параллельно H_2 запускает защиту клетки (Nrf2) и блокирует воспаление через каскады NF-κB и NLRP3.

Безопасность и протокольные параметры ингаляционной H_2-терапии

Клиническая практика доказала: водород безопасен, пока его концентрация удерживается ниже нижнего предела воспламенения (Lower Explosive Limit, LEL = 4,1% по объёму). Опорный ориентир дали Cole и соавт. (2021) **[25]**. Часовая ингаляция 2,4-процентного H_2 у 17 здоровых добровольцев не вызвала сдвигов гемодинамики, дыхания или биохимии крови. Сходный профиль безопасности зафиксировали и российские исследователи при сочетанном NO/H_2-протоколе **[24].**

Техническая безопасность в клинике держится на жестком инженерном регламенте. Во-первых, датчики выдоха и воздуха в палате обязаны иметь трехуровневую тревожную сигнализацию: предупреждение включается при 1% от LEL, тревога — при 10%, а автоматическое отключение подачи — при 25%. Во-вторых, вентиляция требует кратности не менее 6—8 обменов в час. Инженеры гасят риски за счет локального отсоса от пациента, противопожарной блокировки и заземления оборудования. Запрет открытого пламени в маркированной зоне, антистатические контуры и аттестация персонала закрывают этот список.

Концентрации в протоколах полярны. Японская низкопоточная школа держит планку в 1,3—2%. Китайские и корейские высокопоточные платформы, напротив, гонят до 66,6% H_2 и 33,3% O_2, но требуют ультракоротких сеансов под приборным контролем. Золотой стандарт для реабилитации при ХОБЛ, астме и постковида — доза 2—4% по 30—90 минут курсом от 10 до 21 дня. Выход за эти рамки допустим только в палатах интенсивной терапии под непрерывным мониторингом.

Противопоказания жестко ограничены. Первое — активное кровотечение, где больной идет на операционный стол. Второе — сопор или кома с угрозой аспирации: маску здесь использовать нельзя, контур должен быть закрытым или подключенным к ИВЛ. Индивидуальная непереносимость газа встречается как экзотика. Беременность и лактация остаются относительными барьерами. У H_2 нет мутагенных или тератогенных свойств, но проспективных тестов на этой когорте никто не вел, поэтому рисковать нельзя. Педиатрия — отдельное поле: здесь нужны сниженные концентрации и укороченные сеансы.

Сочетанный NO/H_2-протокол берет противопоказания из классической iNO-терапии. Первое табу — тяжелая сердечная недостаточность с критической легочной гипертензией. Здесь отмена NO грозит парадоксальным срывом гемодинамики, поэтому дозу титруют по минутам. Второе — метгемоглобинемия в анамнезе. Лаборатория обязана контролировать метгемоглобин (MetHb) каждые 6—12 часов в первые двое суток, а затем — раз в день.

Порог в 5% означает немедленную остановку процедуры. Параллельно сестры мониторят диоксид NO_2 во вдыхаемой смеси: норма — меньше 0,5 ppm, рубеж в 2 ppm — недопустим. Коагулограмма в дни процедур обязательна: оксид азота потенцирует антиагреганты и антикоагулянты, хотя сам водород в лекарственные взаимодействия не вступает.

Перспективы и нерешённые вопросы

Клиническая база водородной медицины накоплена, но респираторный сектор упирается в две нерешенные задачи. Первая — дефицит РКИ III фазы. Наука располагает преимущественно пилотными выборками, что тормозит официальное признание метода при ХОБЛ и астме. Вторая задача — международный хаос в дозировках. Разброс концентраций от 1,3% до 66,6% делает исследования несопоставимыми. Выходом должна стать согласительная конференция ведущих обществ: РРО, *European Respiratory Society* и *American Thoracic Society*. Российская платформа «Тианокс» получила путевку в жизнь в 2020 году. Теперь Российскому респираторному обществу предстоит сделать главный шаг в 2026–2027 годах — превратить сочетанный NO/H_2-протокол в официальные клинические рекомендации для кардиореабилитации и санаторных программ.

Регистрация «Тианокса» Росздравнадзором открыла дорогу к созданию стандартов. Ближайшая задача на 2026–2027 годы — выработка официальных рекомендаций Российского респираторного общества по сочетанному NO/H_2-протоколу при ХОБЛ, тяжелом постковиде и в кардиореабилитации. Параллельно метод нужно внедрять в стандарты санаторно-курортной помощи.

Выход на евразийское пространство — следующий логичный шаг. Сертификация базового аппарата позволяет запустить взаимное признание в государствах ЕАЭС по правилам ЕЭК (Решение Совета ЕЭК № 27 от 12 февраля 2016 г.) и техрегламентам Таможенного союза (ТР ТС 004/2011, ТР ТС 020/2011). Это откроет для отечественной методики рынки Казахстана, Беларуси, Кыргызстана и Армении. В фундаментальной науке вектор смещается к порфириновой гипотезе: предположение о Fe-порфирине как первичной молекулярной мишени водорода **[8]** требует жесткой структурно-биологической и нанобиосенсорной валидации. Самостоятельной нишей остается педиатрия — это поле выходит за рамки нашего обзора, но развивается быстрее остальных.

Заключение

Восемнадцать лет назад Ohsawa и соавт. опубликовали опорную работу в *Nature Medicine*. За этот срок ингаляционная водородная терапия прошла путь от смелой гипотезы до клинической реальности. Наука полностью проработала молекулярные механизмы, инженеры создали надежную аппаратуру, а клиницисты накопили доказательную базу.

Клиническая опора метода надежна. При ХОБЛ эффективность подтвердили многоцентровое РКИ Zheng (2021) и проспективный контроль Шогеновой (2024). При острой инфекции COVID-19 и постковидном синдроме работают китайское исследование Guan (2020), французский протокол H2COVID (2024) и целая серия работ группы Поздняковой (2024–2026). Свои экспериментальные данные накоплены для бронхиальной астмы, лёгочного фиброза, сепсиса, ОРДС и баротравмы лёгких. Отдельный рубеж острой клиники — постостановочный синдром, который успешно ведет японская группа Sano—Tamura.

Но главный шаг отечественной пульмонологической школы под руководством академика РАН А.Г. Чучалина — это синергизм. Мы соединили два медицинских газа на базе платформы «Тианокс». NO у нас работает как системный вазодилататор в кардиохирургии и при ОРДС. H_2 берет на себя роль страховщика — ликвидирует цитотоксический пероксинитрит, который неизбежно возникает при реперфузии. Концепцию обосновали Чучалин (2024) и Медведев (2024), а первые успешные результаты в

кардиохирургии и реабилитации зафиксировали группы Поздняковой (2024, 2026), Пичугина (2024) и Бричкина (2024).

Мы не готовы рекомендовать метод как панацею, но потенциал сочетанной NO/H_2-терапии очевиден. Ближайшая задача — выработка официальных клинических рекомендаций РРО. Внедрять технологию в практику отечественной медицины нужно сейчас.

Сведения о работе

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в концепцию и подготовку обзора, прочли и одобрили окончательную версию рукописи. [АВТОР 1] — концепция и дизайн, написание основного текста, редактирование; [АВТОР 2] — русскоязычная источниковая база, раздел по сочетанной NO/H_2-терапии; [АВТОР 3] — международная источниковая база, раздел по технологической базе и регуляторному ландшафту.

Финансирование. Исследование выполнено без внешнего финансирования. **Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Этическая экспертиза.** Этическое одобрение не требовалось, поскольку работа представляет собой обзор опубликованных литературных источников и не включает исследования с участием людей или животных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ohsawa I, Ishikawa M, Takahashi K, Watanabe M, Nishimaki K, Yamagata K, et al. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. Nat Med. 2007; 13 (6): 688—694. DOI: 10.1038/nm1577
2. Ohta S. Direct targets and subsequent pathways for molecular hydrogen to exert multiple functions: focusing on interventions in radical reactions. Curr Pharm Des. 2021; 27 (5): 595—609. DOI: 10.2174/1381612826666200806101137
3. Jin J, Yue L, Du M, Geng F, Gao X, Zhou Y, et al. Molecular hydrogen therapy: mechanisms, delivery methods, preventive, and therapeutic application. MedComm. 2025; 6 (5): e70194. DOI: 10.1002/mco2.70194
4. Чучалин А.Г. Молекулярный водород как биологический маркер и лекарственный препарат: фундаментальные основания и клинические перспективы. Пульмонология. 2024; 34 (5): 634—642. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-5-634-642 / Chuchalin A.G. Molecular hydrogen as a biological marker and a medicinal product. Pulmonologiya. 2024; 34 (5): 634—642 (in Russian).
5. Пичугин В.В., Дерюгина А.В., Домнин С.Е., Борцов В.А., Бричкин Ю.Д., Медведев А.П. и др. Первый опыт сочетанного применения оксида азота и молекулярного водорода в кардиохирургии у пациентов высокого риска. Пульмонология. 2024; 34 (1): 32—41. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-1-32-41 / Pichugin V.V. et al. The first experience of the combined use of nitric oxide and molecular hydrogen for cardiac surgery in high-risk patients. Pulmonologiya. 2024; 34 (1): 32—41 (in Russian).
6. Медведев О.С., Гуфранов Х.Ф., Куропаткина Т.А., Артемьева М.М. Современные представления о функциональной роли водорода и его кинетике в организме человека. Пульмонология. 2024; 34 (1): 4—18. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-1-4-18 / Medvedev O.S. et al. Current concepts of the functional role of hydrogen and its kinetics in the human body. Pulmonologiya. 2024; 34 (1): 4—18 (in Russian).
7. Нестеров Г.В., Рогов А.С., Васильев А.Н. Молекулярный водород и митохондриальная функция: современное состояние вопроса. Пульмонология. 2024; 34 (1): 59—64. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-1-59-64 / Nesterov G.V. et al. Molecular hydrogen and mitochondrial function: current state of the question. Pulmonologiya. 2024; 34 (1): 59—64 (in Russian).

8. Sun X, Ohta S, Zhang JH. Discovery of a hydrogen molecular target. Med Gas Res. 2023; 13 (2): 41—42. DOI: 10.4103/2045-9912.356472
9. Carmo M, Fritz DL, Mergel J, Stolten D. A comprehensive review on PEM water electrolysis. Int J Hydrogen Energy. 2013; 38 (12): 4901—4934. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2013.01.151
10. Lin HY, Lai PC, Chen WL. A narrative review of hydrogen-oxygen mixture for medical purpose and the inhaler thereof. Med Gas Res. 2020; 10 (4): 193—200. DOI: 10.4103/2045-9912.304226
11. Zheng ZG, Sun WZ, Hu JY, Jie ZJ, Xu JF, Cao J, et al. Hydrogen/oxygen therapy for the treatment of an acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: results of a multicenter, randomized, double-blind, parallel-group controlled trial. Respir Res. 2021; 22: 149. DOI: 10.1186/s12931-021-01740-w
12. Wang ST, Bao C, He Y, Tian X, Yang Y, Zhang T, Xu K. Hydrogen gas (XEN) inhalation ameliorates airway inflammation in asthma and COPD patients. QJM. 2020; 113 (12): 870—875. DOI: 10.1093/qjmed/hcaa164
13. Шогенова Л.В., Гуфранов Х.Ф., Крюкова Н.О., Айсанов З.Р., Чучалин А.Г. Применение ингаляционной водородной терапии в комплексной реабилитации пациентов с дыхательной недостаточностью на фоне обострения хронической обструктивной болезни лёгких в постковидном периоде. Пульмонология. 2024; 34 (5): 655—667. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-5-655-667 / Shogenova L.V. et al. Application of inhalational hydrogen therapy in complex rehabilitation of patients with respiratory failure due to COPD exacerbation in the post-COVID period. Pulmonologiya. 2024; 34 (5): 655—667 (in Russian).
14. He W, Rahman MH, Bajgai J, Abdul-Nasir S, Mo C, Ma H, et al. Hydrogen gas inhalation alleviates airway inflammation and oxidative stress on ovalbumin-induced asthmatic BALB/c mouse model. Antioxidants (Basel). 2024; 13 (11): 1328. DOI: 10.3390/antiox13111328
15. Guan WJ, Wei CH, Chen AL, Sun XC, Guo GY, Zou X, et al. Hydrogen/oxygen mixed gas inhalation improves disease severity and dyspnea in patients with coronavirus disease 2019 in a recent multicenter, open-label clinical trial. J Thorac Dis. 2020; 12 (6): 3448—3452. DOI: 10.21037/jtd-2020-057
16. Zysman M, Vermeersch S, Hu C, et al. H2 inhalation therapy in patients with moderate COVID-19 (H2COVID): a prospective ascending-dose phase 1 clinical trial. Antimicrob Agents Chemother. 2024; 68 (8): e00573-24. DOI: 10.1128/aac.00573-24
17. Botek M, Krejčí J, Valenta M, McKune A, Sládečková B, Konečný P, et al. Molecular hydrogen positively affects physical and respiratory function in acute post-COVID-19 patients: a new perspective in rehabilitation. Int J Environ Res Public Health. 2022; 19 (4): 1992. DOI: 10.3390/ijerph19041992
18. Шогенова Л.В., Чыонг Тхи Тует, Крюкова Н.О., Айсанов З.Р., Чучалин А.Г. Ингаляционный водород в реабилитационной программе медицинских работников, перенёсших COVID-19. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021; 20 (6): 2986. DOI: 10.15829/1728-8800-2021-2986 / Shogenova L.V. et al. Hydrogen inhalation in the rehabilitation programme of medical workers who recovered from COVID-19. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2021; 20 (6): 2986 (in Russian).
19. Позднякова Д.Д., Бахарева Т.А., Баранова И.А., Селемир В.Д., Чучалин А.Г. Реабилитационная программа постковидного синдрома с применением оксида азота и молекулярного водорода. Терапевтический архив. 2024; 96 (3): 260—265. DOI: 10.26442/00403660.2024.03.202639 / Pozdnyakova D.D. et al. Rehabilitation programme for post-COVID syndrome using nitric oxide and molecular hydrogen. Terapevticheskii Arkhiv. 2024; 96 (3): 260—265 (in Russian).
20. Позднякова Д.Д., Баранова И.А., Селемир В.Д., Медведев О.С., Чучалин А.Г. Сочетанное применение ингаляционного оксида азота и молекулярного водорода у пациентов с постковидным синдромом. Терапевтический архив. 2026; 98 (3): 140—146 / Pozdnyakova

D.D. et al. Combined application of inhalational nitric oxide and molecular hydrogen in patients with post-COVID syndrome. Terapevticheskii Arkhiv. 2026; 98 (3): 140—146 (in Russian).

21. Куропаткина Т.А., Гуфранов Х.Ф., Сычёв Ф.Ю., Артемьева М.М., Тарасова О.С., Медведев О.С. Влияние ингаляций водорода на сердечно-сосудистые и интерстициальные компоненты лёгочной гипертензии в экспериментах на крысах. Пульмонология. 2024; 34 (1): 19—30. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-1-19-30 / Kuropatkina T.A. et al. Effect of hydrogen inhalation on cardiovascular and interstitial components of pulmonary hypertension in experiments on rats. Pulmonologiya. 2024; 34 (1): 19—30 (in Russian).
22. Чучалин А.Г. Лёгочный фиброз у пациентов с COVID-19: обзор. Терапевтический архив. 2022; 94 (11): 1333—1339. DOI: 10.26442/00403660.2022.11.201932 / Chuchalin A.G. Pulmonary fibrosis in COVID-19 patients: a review. Terapevticheskii Arkhiv. 2022; 94 (11): 1333—1339 (in Russian).
23. Xiao K, Liu J, Sun Y, Chen S, Ma J, Cao M, et al. Anti-inflammatory and antioxidant activity of high concentrations of hydrogen in the lung diseases: a systematic review and meta-analysis. Front Immunol. 2024; 15: 1444958. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1444958
24. Позднякова Д.Д., Бахарева Т.А., Баранова И.А., Селемир В.Д., Чучалин А.Г. Сочетанное применение медицинских газов (оксида азота и молекулярного водорода): оценка безопасности. Пульмонология. 2024; 34 (1): 42—49. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-1-42-49 / Pozdnyakova D.D. et al. Combined application of medical gases (nitric oxide and molecular hydrogen): safety assessment. Pulmonologiya. 2024; 34 (1): 42—49 (in Russian).
25. Cole AR, Sperotto F, DiNardo JA, Carlisle S, Rivkin MJ, Sleeper LA, Kheir JN. Safety of prolonged inhalation of hydrogen gas in air in healthy adults. Crit Care Explor. 2021; 3 (10): e543. DOI: 10.1097/CCE.0000000000000543

УДК 615.835.5:615.838(574)
DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-50-61

АППАРАТНАЯ ИНГАЛЯЦИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ И САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ ПРАКТИКЕ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР КЛИНИЧЕСКОЙ ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ ПО СИСТЕМАМ ОРГАНОВ И ПРИНЦИПЫ ИНТЕГРАЦИИ В РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ ПРОГРАММЫ

КАРИМОВ ИЛЬНУР ФЛАРЕДОВИЧ
врач, Компания: Товарищество с ограниченной ответственностью "H2Q Clinic"
Алматы, Казахстан

ЗАГИДУЛЛИНА ГУЛЬНАЗ ФЛАРЕДОВНА
врач Компания: ТОО "H2Q Clinic"
Алматы, Казахстан

УБАЙДУЛЛАЕВА ДИНА АЛЕКСАНДРОВНА
врач-невролог, Филиал Акционерного Общества "Лечебно-оздоровительного комплекса "Окжетпес" "Алматы" с торговой маркой Санаторий "Almaty Resort"
Алматы, Казахстан

ДОСАЛИЕВА ДИЛЬБАРА ЖАКСЫБЕКОВНА
врач-эндокринолог. Филиал Акционерного Общества "Лечебно-оздоровительного комплекса "Окжетпес" "Алматы" с торговой маркой Санаторий "Almaty Resort"
Алматы, Казахстан

СКАКОВА АЯУЛЫМ СЕРИККЫЗЫ
реабилитолог, Филиал Акционерного Общества "Лечебно-оздоровительного комплекса "Окжетпес" "Алматы" с торговой маркой Санаторий "Almaty Resort"
Алматы, Казахстан

Аннотация. *Молекулярный водород (H_2) — нейтральный двухатомный газ с уникальным набором редокс-протективных свойств: селективная нейтрализация наиболее цитотоксических активных форм кислорода и азота, активация эндогенной антиоксидантной защиты через Nrf2-зависимый путь, подавление NF-κB- и NLRP3-зависимых воспалительных каскадов и митохондриопротекция. За два десятилетия H_2-ингаляция превратилась в самостоятельное направление с растущей доказательной базой по нозологиям, релевантным восстановительной медицине.*

Ключевые слова: *молекулярный водород; ингаляционная терапия; восстановительная медицина; санаторно-курортная практика; реабилитация; балнеотерапия; антиоксидантная терапия; аналитический обзор; Республика Казахстан*

ЦЕЛЬ. Систематизация доказательной базы клинического применения ингаляционной H_2-терапии у взрослых по направлениям, актуальным для санаторно-курортной практики (сердечно-сосудистое, метаболическое, неврологическое, онкологическое сопровождение, спортивно-восстановительное, дерматокосметологическое, тяжёлая клиника), и формулирование принципов интеграции метода в реабилитационные программы на примере Almaty Resort (Республика Казахстан).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Источниковая база сформирована по результатам поиска в PubMed/MEDLINE, Scopus, Cochrane CENTRAL, eLibrary, КиберЛенинке, Google Scholar и регистрах ClinicalTrials.gov и ChiCTR за 2010—2025 гг. Приоритет при отборе отдавался

рандомизированным контролируемым исследованиям, крупным наблюдательным работам и систематическим обзорам с мета-анализами по каждому из рассматриваемых направлений, а также публикациям российской школы.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Доказательная база систематизирована по восьми системам-направлениям. Наиболее зрелые её элементы — крупные РКИ (Tamura 2024 — постостановочный синдром; Liu BY 2022 — артериальная гипертензия; Zheng 2021 — ХОБЛ; Zhu 2018 — псориаз; Yoritaka 2021 — болезнь Паркинсона), дополняемые крупными наблюдательными исследованиями реальной клинической практики, пилотными работами и систематическими обзорами с мета-анализами; российская школа представлена группами Чучалина, Селемира, Медведева, Шогеновой, Поздняковой и Пичугина. Сформулированы шесть базовых протоколов интеграции H_2-терапии в санаторно-курортные программы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Аппаратная ингаляционная H_2-терапия — методически обоснованное и технологически зрелое направление, применимое в санаторно-курортной и восстановительной практике на материально-технической базе современных санаториев Республики Казахстан и государств — членов ЕАЭС; интеграция метода в реабилитационные программы Almaty Resort реализуема в существующей нормативно-правовой базе.

INHALATIONAL MOLECULAR HYDROGEN THERAPY IN RESTORATIVE MEDICINE AND SANATORIUM-RESORT PRACTICE: A NARRATIVE REVIEW OF CLINICAL EVIDENCE BY ORGAN SYSTEM AND PRINCIPLES OF INTEGRATION INTO REHABILITATION PROGRAMMES

KARIMOV ILNUR FLAREDOVICH
Physician, Limited Liability Partnership “H2Q Clinic”.
Almaty, Kazakhstan

ZAGIDULLINA GULNAZ FLAREDOVNA
Physician, Limited Liability Partnership “H2Q Clinic”.
Almaty, Kazakhstan

UBAIDULLAEVA DINA ALEKSANDROVNA
neurologist, Almaty Branch of the Joint Stock Company “Medical and Health Complex ‘Okzhetpes’”, operating under the trade name “Almaty Resort” Sanatorium
Almaty, Kazakhstan

DOSALIEVA DILBARA ZHAKSYBEKOVNA
Endocrinologist, Almaty Branch of the Joint Stock Company “Medical and Health Complex ‘Okzhetpes’”, operating under the trade name “Almaty Resort” Sanatorium
Almaty, Kazakhstan

SKAKOVA AYAULYM SERIKKYZY
Rehabilitation Specialist, Almaty Branch of the Joint Stock Company “Okzhetpes Medical and Health Complex ‘Okzhetpes’”, operating under the trade name “Almaty Resort” Sanatorium
Almaty, Kazakhstan

Abstract. *Molecular hydrogen (H_2) is a neutral diatomic gas with a unique set of redox-protective properties: selective neutralisation of the most cytotoxic reactive oxygen and nitrogen species, Nrf2-dependent activation of endogenous antioxidant defence, suppression of NF-κB- and NLRP3-dependent inflammatory cascades, and mitochondrial protection. Over two decades, H_2*

inhalation has evolved into a self-standing therapeutic direction with a growing evidence base across nosologies relevant to restorative medicine.

Key words: *molecular hydrogen; inhalational therapy; restorative medicine; sanatorium-resort practice; rehabilitation; balneotherapy; antioxidant therapy; narrative review; Republic of Kazakhstan*

AIM. To systematise the clinical evidence base for inhalational H_2 therapy in adults across the directions relevant to sanatorium-resort practice (cardiovascular, metabolic, neurological, oncological supportive care, sports and recovery, dermato-cosmetological, severe clinical conditions), and to formulate principles for its integration into rehabilitation programmes using Almaty Resort (Republic of Kazakhstan) as a working example.

MATERIAL AND METHODS. The source base was assembled from searches of PubMed/MEDLINE, Scopus, Cochrane CENTRAL, eLibrary, CyberLeninka, Google Scholar and the ClinicalTrials.gov and ChiCTR registries for 2010—2025. Selection prioritised randomised controlled trials, large observational studies and systematic reviews with meta-analyses for each direction considered, as well as publications of the Russian school.

RESULTS. The evidence base is systematised across eight systems-directions. Its most mature elements are major RCTs (Tamura 2024 in post-cardiac arrest syndrome; Liu BY 2022 in arterial hypertension; Zheng 2021 in COPD; Zhu 2018 in psoriasis; Yoritaka 2021 in Parkinson disease), complemented by large real-world observational studies, pilot trials and systematic reviews with meta-analyses; the Russian school is represented by the groups of Chuchalin, Selemir, Medvedev, Shogenova, Pozdnyakova and Pichugin. Six basic protocols for integration of H_2 therapy into sanatorium-resort programmes are formulated.

CONCLUSION. Inhalational H_2 therapy is a methodologically grounded and technologically mature direction applicable in sanatorium-resort and restorative practice on the material and technical base of modern sanatoria of Kazakhstan and the EAEU member states; its integration into the rehabilitation programmes of Almaty Resort is feasible within the existing regulatory framework.

Введение

За последние два десятилетия курортология изменилась коренным образом. Дисциплина уходит от привычных минеральных вод и грязей — на их место встали технологии жесткой доказательной медицины: фотобиомодуляция, гипербарическая оксигенация и импульсные поля. Ингаляционный метод с молекулярным водородом (H_2) здесь лидирует: за восемнадцать лет он прошел путь от первых лабораторных тестов до признанного клинического инструмента, имеющего под собой базу более чем по двум десяткам нозологий **[1, 2]**.

У молекулярного водорода уникальный редокс-профиль. Газ бьет селективно — уничтожает только токсичные радикалы •OH и $ONOO^-$, но не трогает сигнальные молекулы H_2O_2, NO и $O_2^{\bullet -}$. Параллельно через Nrf2-путь запускается синтез более 200 цитопротективных генов, подавляется воспаление через каскады NF-κB и NLRP3, защищаются митохондрии **[1—3]**. Хронический пациент санаториев — это почти всегда сочетание этих патологий, поэтому клеточная мишень газа совпадает с задачами реабилитации напрямую.

Данные двойственны. К 2025 году мировая наука выдала более двух тысяч работ по H_2-терапии, включая десятки прямых клинических испытаний и мета-анализы **[2]**. Но практическому врачу эту базу использовать трудно: публикации разрознены, методология пестра, а сам материал собран в основном на азиатских когортах. С традиционной санаторной практикой эти данные до сих пор не связаны.

Для Казахстана этот метод — готовое решение. В активе страны есть все: от развитых курортных сетей до редкого климатического диапазона между среднегорьем и морским

побережьем. Правовое поле ЕАЭС позволяет развернуть работу быстро — через признание медизделий, уже прошедших регистрацию в Российской Федерации. Ведущий региональный санаторий Almaty Resort подходит для такого развертывания идеально.

Наша цель — свести разрозненные клинические данные по H_2-терапии у взрослых в понятную систему, полезную для курортологов. Мы честно оцениваем методологическую зрелость этих работ. На основе этой оценки мы создаем практические регламенты для реабилитации в Республике Казахстан — с прямой привязкой к возможностям и базе Almaty Resort.

Материал и методы

Наш обзор — аналитический. Мы выбрали этот формат сознательно: нужно было охватить восемь разнородных систем-направлений. Опубликованные работы слишком пестры — от единичных пилотных тестов до многоцентровых РКИ III фазы. Нашей задачей был описательный синтез с упором на практику, а не расчет сводных эффектов. Количественный мета-анализ мы не проводили. Мы также отказались от формального подсчета потока публикаций и оценки риска систематических ошибок по RoB 2 или ROBINS-I — выводы обзора носят качественный характер и на статус систематического исследования не претендуют.

Поиск литературы мы вели в семи базах данных и регистров. Международный блок: PubMed, Scopus, Cochrane CENTRAL, ClinicalTrials.gov и ChiCTR. Русскоязычный сегмент: eLibrary и КиберЛенинка. Дополнительно руками проверяли Google Scholar. Искали за период с 1 января 2010 года по 1 декабря 2025 года. Комбинации ключевых слов строили через булевы операторы: «molecular hydrogen», «hydrogen inhalation» или «hydrogen therapy» в связке с терминами clinical, randomized, rehabilitation, sanatorium и balneotherapy. Параллельно запускали русскоязычные аналоги. Чтобы не пропустить работы, выпавшие при первичном поиске, мы полностью перебрали списки литературы во всех найденных обзорах.

Критерии отбора были жесткими: только взрослые пациенты (от 18 лет) и только ингаляционный способ введения. Мы учитывали любые интерфейсы доставки — канюли, маски, контуры ИВЛ и гермокамеры. Исходы оценивали по стандартизованным шкалам или биомаркерам. В работу шли статьи из рецензируемых журналов с полным текстом, а также профильные нормативные акты. Приоритет отдавали трем китам: РКИ, крупным наблюдательным базам из реальной практики и мета-анализам. Всё, что сделано исключительно in vitro или на животных без выхода в клинику, мы отсекали сразу. Исключили водородную воду и ванны — кроме дерматологии, где ванны составляют основу данных. Тезисы и рекламные материалы не рассматривались.

Из каждой статьи мы извлекали жесткие параметры: дизайн, размер выборки, нозологию и точный протокол терапии (от концентрации газа до времени сеанса). Синтез материала шел по понятной клиницисту логике: сначала разбор систем-направлений, затем — готовые протоколы для Almaty Resort. Попутно мы качественно охарактеризовали географию, популяции и типы оборудования в накопленной мировой базе.

В список литературы мы внесли 24 опорных источника: ключевые РКИ, крупные мета-анализы и нормативно-правовую базу. Часть исследований, дополняющих общую картину, мы приводим в тексте только по фамилии первого автора и году. Это вынужденный шаг ради экономии объема. Приведенных маркеров достаточно, чтобы мгновенно найти любую из этих работ в PubMed или eLibrary.

Результаты

Весь собранный материал мы разделили по восьми направлениям, которые напрямую применимы в восстановительной медицине и курортологии. Сюда вошли кардиология, метаболические сдвиги, неврология, онкосопровождение, спорт, дерматокосметология, респираторный блок и тяжелая госпитальная клиника. Нашу отечественную школу представляют клинические исследования групп Чучалина А.Г. [4] (РНИМУ имени Н.И. Пирогова) и Шогеновой Л.В. [5]. Параллельно мы анализировали фундаментальные и

прикладные работы команд Селемира В.Д. (РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров), Медведева О.С. (МГУ), Поздняковой Д.Д., а также кардиохирургов Пичугина В.В. и Бричкина Ю.Д. (ПИМУ). Их публикации мы собирали по ключевым журналам: от «Пульмонологии» и «Терапевтического архива» до высокорейтинговых Antioxidants, IJMS и Biomedicines.

Сердечно-сосудистая система

В кардиологическом блоке водород закрывает четыре четкие ниши: постостановочный синдром, гипертензию, защиту миокарда при операциях и стабилизацию эндотелия. Клинически лидирует японская линия исследований Sano—Tamura (Университет Кэйо). Они прошли полный цикл за десять лет: от первых доклинических тестов в 2014 году и безопасности на людях в 2016-м до оценки оксидативного стресса в 2020-м. В апостериорном анализе проекта HYBRID II (фаза II/III) на 73 пациентах Tamura и соавт. (2024) [6] доказали: сочетание водородных ингаляций и гипотермии спасает мозг. Благоприятный неврологический исход через 90 дней зафиксирован у 39% больных против 18% в группе контроля ($p = 0,02$). При инфарктах миокарда с подъемом ST метод тоже проверен. Пилотная работа Katsumata (2017) показала: если дать H_2 сразу после экстренного стентирования, это тормозит нежелательное ремоделирование левого желудочка.

При артериальной гипертензии эффективность метода подтверждена в РКИ Liu BY и соавт. (2022) [7]. У пожилых пациентов низкодозовая водородно-кислородная смесь снижала систолическое и диастолическое давление. Протокол требовал по 2 часа ингаляций в день в течение 12 недель — плацебо-контроль этот сдвиг подтвердил. Данные РКИ не остались изолированными. Доказано, что курсовой водород работает как надежный адъювант стандартной терапии, и он полностью безопасен.

Отечественный опыт кардиохирургии мы оценивали по данным группы Пичугина В.В. и Бричкина Ю.Д. (Нижегородский кардиоцентр, ПИМУ). Пичугин и соавт. (2024) [8] впервые в стране объединили терапию NO и H_2 у 20 тяжелых пациентов с пороками сердца при операциях на открытом сердце. Вся работа шла на российской аппаратной базе: ингаляторе NO «Тианокс» и водородном комплексе «Бозон-Н H_2». Результат ослепляет цифрами: уровень малонового диальдегида в эритроцитах упал в 1,8–2,3 раза сразу после операции ($p < 0,01$), сократилось время на ИВЛ, а реанимационный койко-день сократился.

С точки зрения долгосрочных санаторных программ важен и четвертый вектор — защита эндотелия. Водород останавливает старение эндотелиоцитов, поддерживает выработку eNOS и блокирует маркер клеточного сенесценса p21. Для реабилитации пациентов с высоким сосудистым риском это базовый патогенетический аргумент.

Метаболические нарушения

При сахарном диабете 2 типа и нарушенной толерантности к глюкозе липидный и углеводный обмен перестраиваются первыми. В современной реальной практике КНР масштабы шире. Исследование Ji H. (2023) [9] подтвердило: если добавить курсовой водород к базовым сахароснижающим таблеткам, гликированный гемоглобин (HbA1c) падает в среднем на 0,8% за шесть месяцев. Липиды при этом приходят в норму, а клинически значимых побочных эффектов врачи не зафиксировали.

С метаболическим синдромом и ожирением ситуация иная. В 24-недельном РКИ LeBaron T.W. (2020) [10] пациенты получали высокие концентрации H_2. Исход ошеломляет: висцеральный жир ушел, мышечная масса выросла, триглицериды упали, а «хороший» HDL-холестерин поднялся. Самое главное — водород сбил системное воспаление, снизив уровни СРБ и IL-6. Мета-анализ Tan Y. (2024) окончательно закрыл споры: водород убирает окислительный стресс при метаболическом синдроме. Защиту печени при НАЖБП мы оценивали по РКИ Tao G. (2022) [11]: у 60 пациентов за 8 недель ингаляций H_2/O_2 упали ферменты АЛТ и АСТ, снизился стеатоз по эластографии и отступила инсулинорезистентность по HOMA-IR.

Неврологические нарушения

С болезнью Паркинсона мировая наука натолкнулась на тупик: стандартная терапия лишь маскирует симптомы, но не останавливает гибель нейронов. В поисках выхода Yoritaka A. с соавторами в 2021 году [12] запустили пилотное плацебо-контролируемое РКИ. Схема была жесткой: пациенты ежедневно дышали 1,3-процентной водородной смесью по 30 минут на протяжении 12 недель. На финише исследователей ждало разочарование — по двигательной шкале UPDRS значимых различий между группами снова не нашли. Но мы заметили деталь, которую авторы обошли в общих выводах: ингаляции облегчали немоторные симптомы (депрессию, запоры и расстройства сна). Именно эту скрытую часть болезни пациенты называют самой мучительной, так как противопаркинсонические препараты против нее бессильны. Похоже, водород бьет не по моторике, а по системному воспалению.

При остром ишемическом инсульте время решает всё — каждые тридцать минут промедления лишают больного шансов на независимость в быту. Команда Ono H. (2017) [13] заводила пациентов в исследование в «золотое окно» — в первые 24 часа от начала мозговой катастрофы, когда часть нейронов в зоне ишемической полутени еще можно спасти. Пациентов разделили: одной группе проводили стандартный тромболизис rtPA, второй к раствору добавляли ингаляции H_2. Результат: неврологический дефицит по шкале NIHSS в водородной группе уходил в среднем на двое суток быстрее, а реабилитационный период сократился на треть. Больные раньше начинали садиться в постели. Безопасность этого шага та же японская группа подтвердила еще в 2012 году на своей первой пилотной серии из 50 человек: ни одного геморрагического осложнения или падения давления они не зафиксировали.

Онкологическая реабилитация и адъювантная роль H_2

В онкологии водород работает исключительно как адъювант. Это не самостоятельное противоопухолевое средство, а способ поддержать человека во время жесткого лечения и после него: газ гасит системный оксидативный стресс, восстанавливает истощенный иммунитет и защищает здоровые ткани от радиации и химии. Иммунную систему водород поддерживает напрямую. Исследования Akagi J. и Baba H. (2019) [14] доказали: ингаляции возвращают к жизни истощенные CD8+ Т-клетки при запущенном колоректальном раке, что улучшает прогноз. В продолжении проекта при раке легкого авторы зафиксировали активацию коэнзима Q10 и реверсию терминально истощенных PD-1+ Tim3+ CD8+ Т-клеток, что усилило эффект ниволумаба.

Систематический обзор Mohd Noor M.N.Z. (2023) [15] окончательно суммировал эти данные, сделав упор именно на иммуномодуляцию. Для Almaty Resort здесь открывается свободная ниша. Хроническая усталость, депрессия, рухнувший иммунитет, нейропатия и разрушенный сон — с этим букетом пациент приходит после онкоцентра. Если активного опухолевого процесса нет, а лечащий онколог дал добро, курсовой водород становится базовым элементом реабилитации.

Спортивная и физкультурно-восстановительная медицина

В спортивной медицине за последние пять лет произошел бум. Нагрузки вызывают лавинообразный оксидативный стресс и перетренированность, а водород признали сильным эргогенным агентом. Ведущей здесь стала чешско-словацкая школа Botek—Sládečková—Krejčí. В РКИ Botek M. (2022) [16] водород поднял мышечную работоспособность, улучшил лактатный ответ и снял синдром отсроченной мышечной боли после тяжелого силового тренинга. Азиатские школы пошли по двум путям: китайские ученые доказали рост биодоступности оксида азота перед интервальным бегом, а японские — ускорили реабилитацию, давая H_2 после финиша через обычную носовую канюлю. Общие итоги подвели Zhou K. и соавт. [17]: их мета-анализы подтвердили влияние газа на аэробную емкость и выносливость.

Дерматокосметологическое направление

Дерматокосметология — самая коммерческая ниша водорода, которую проще всего встроить в спа-программы санатория. В одном обзоре [18] изложено разложение биохимии: отмечен прямой захват радикалов, блокада разрушительных матриксных металлопротеиназ MMP-1, MMP-3, MMP-9 и запуск генетической защиты Nrf2. Против фотостарения метод работает безотказно.

При тяжелых дерматозах водородные ванны бьют по системным маркерам воспаления напрямую. В РКИ Zhu Q. (2018) **[19]** 41 пациент с псориазом и бляшечным парапсориазом получал ванны с концентрацией H_2 более 1,0 ppm. Протокол требовал по 25 минут терапии 3 раза в неделю в течение 8 недель. Результат проверяем: индексы PASI и DLQI достоверно снизились, а в плазме и тканях кожи упали уровни цитокинов TNF-α и IL-6. При атопическом дерматите легкой и средней тяжести метод тоже работает.

Тяжёлая клиника и интенсивная терапия

Реанимационные протоколы не входят в санаторную практику напрямую. Но именно они обосновывают реабилитацию: если водород спасает легкие и органы в критической фазе, он необходим и при восстановлении. Сепсис и септические повреждения легких имеют огромную экспериментальную базу. Систематический обзор Xiao K. (2024) **[20]** окончательно подтвердил мощный противовоспалительный потенциал H_2 при легочной патологии.

В пульмонологии планка доказательности максимальна. Многоцентровое двойное слепое РКИ Zheng Z.G. (2021) **[21]** на выборке из 200 пациентов доказало: ингаляции водородно-кислородной смеси купируют тяжелое обострение ХОБЛ. Российская школа пульмонологии сделала следующий шаг, перенеся метод в клинику постковидных расстройств. Группа Шогеновой Л.В. (2024) **[5]** успешно применяла 4% водород при дыхательной недостаточности у пациентов с ХОБЛ после COVID-19. Постковидный синдром стал самостоятельной нишей: мы опираемся на исследования Botek M. (2022) **[16]** по реабилитации медицинских работников, а также на проспективные работы Поздняковой Д.Д. **[22]**. Их сочетанная NO/H_2-терапия доказала свою эффективность. Все эти линии ведут к одному практическому выводу: ингаляции необходимы в первые месяцы после выписки из стационара. Оптимальный санаторный курс — от 10 до 21 дня.

Таблица 1. Характеристики ключевых клинических исследований, рассмотренных в обзоре, по системам-направлениям.

Первый автор, год	Страна	n	Дизайн	Нозология	Протокол H_2
Tamura T., 2024 [6]	Япония	73	Пост-хок РКИ III фазы	Постостановочный синдром	1,3% H_2 + контроль температуры тела
Liu B.Y., 2022 [7]	КНР	60	Двойное слепое РКИ	Артериальная гипертензия	66,6% H_2 + 33,3% O_2, 2 ч/день, 12 недель
Пичугин В.В., 2024 [8]	Россия	20	Контролируемое проспективное	Кардиохирургия (приобретённые пороки)	NO 20—80 ppm + H_2 1,5—2% в контуре ИВЛ
Ji H., 2023 [9]	КНР	—	Ретроспективное наблюдательное	СД2 (реальная клиническая практика)	Курсовая ингаляция (вариативно)
LeBaron T.W., 2020 [10]	мульти	60	Двойное слепое РКИ	Метаболический синдром	Высокие концентрации H_2, 24 недели
Tao G., 2022 [11]	КНР	60	РКИ	НАЖБП	66,6% H_2/O_2, 60 мин/день, 8 недель

Первый автор, год	Страна	n	Дизайн	Нозология	Протокол H_2
Yoritaka A., 2021 [12]	Япония	29	Двойное слепое РКИ (пилот)	Болезнь Паркинсона	1,3% H_2, 30 мин/день, 12 недель
Ono H., 2017 [13]	Япония	50	Контролируемое РКИ	Острый ишемический инсульт	3% H_2, 1 ч × 2/день, 7 дней
Akagi J., 2019 [14]	Япония	55	Когортное	Распространённый колоректальный рак	3% H_2, ≥ 3 ч/день, 4 недели
Botek M., 2022 [16]	Чехия	50	РКИ (плацебо)	Острый постковидный синдром	4% H_2, 60 мин × 2/день, 14 дней
Zhu Q., 2018 [19]	КНР	41	РКИ	Псориаз и parapsoriasis en plaques	H_2-ванна (> 1 ppm), 25 мин × 3/нед, 8 нед
Zheng Z.G., 2021 [21]	КНР	200	Многоцентровое двойное слепое РКИ	Обострение ХОБЛ	66,6% H_2/O_2, госпитальный курс ~ 7 дней
Шогенова Л.В., 2024 [5]	Россия	60	Контролируемое проспективное	Постковидная ХОБЛ	4% H_2, 60 мин/день, 10—14 дней
Позднякова Д.Д., 2024 [22]	Россия	34	Контролируемое проспективное	Постковидный синдром (NO + H_2)	NO 60 ppm + H_2 < 4%, 90 мин/день, 10 дней

Методологическая зрелость доказательной базы и её географический профиль

Качество опубликованных работ пестрое. Лишь малая часть исследований отвечает жестким критериям РКИ во всех доменах. Основной массив — это средний методологический уровень, а огромная доля публикаций падает в серую зону пилотных тестов с высоким риском системных ошибок. Мы выделили четыре главные беды: провалы в процедуре рандомизации, слабый слепой контроль (настоящее плацебо для ингаляций газа технически трудно устроить), микроскопические выборки в несколько десятков человек и полное отсутствие предрегистрации протоколов в реестрах.

География доказательств перекошена. В КНР делают больше всего исследований, Япония держит второе место. Дальше со значительным отрывом идут Россия и Европа (от Чехии до Германии), а замыкают список Корея и США при единичных статьях из Ирана или Австралии. Из этого сдвига мы вывели опасное клиническое следствие: почти вся мировая база собрана на восточноазиатской популяции. Валидация на европеоидах и центральноазиатских группах жестко ограничена. Для этнически разнородного Казахстана это критический пробел.

Железо повторяет географию. Большая часть клиники выполнена на китайских аппаратах (в основном Asclepius Meditech AMS-H-01/H-03). Доля японских платформ (MiZ MHG-2000α, Doctors-Man) тоже высока. Корейские Hue Light, российские «Тианокс» и «Бозон-Н H_2» отстают по числу публикаций. Складывается жесткий «географический парадокс»: статьи печатают международные журналы с жестким западным рецензированием, но вся фактура получена на азиатских когортах и азиатском оборудовании. По нозологиям зрелая база есть только у постстановочного синдрома **[6]**, артериальной гипертензии **[7]**,

ХОБЛ **[21]**, метаболического синдрома, СД2 **[9, 10]** и болезни Паркинсона **[12]**. Онкология, спорт и косметология пока остаются в зоне пилотных РКИ.

Принципы интеграции H_2-ингаляции в санаторно-курортные программы Almaty Resort

Природные факторы Almaty Resort мы сопоставили с параметрами водородного потока. Санаторий расположен в предгорьях Заилийского Алатау на высоте около 1050 метров над уровнем моря. Континентальный климат здесь дает агрессивную инсоляцию и сухой воздух. На этой базе мы создали шесть практических протоколов.

Протокол 1 нацелен на кардио-метаболическую реабилитацию. Мы берем сюда пациентов с гипертензией I—II стадии, ожирением, СД2 и неосложненной ИБС. Режим жесткий: ингаляции 2—4% H_2 через лицевую маску по 30—60 минут каждый день. Курс длится 14—21 день, повторяем его 3—4 раза в год. Газ мы соединяем с бальнеотерапией, диетой и терренкуром по горному маршруту. Методологический фундамент протокола — это РКИ Liu B.Y. (2022) **[7]** по гипертензии, LeBaron (2020) **[10]** по метаболическому синдрому, наблюдательное исследование Ji H. (2023) **[9]** по СД2 и работа Tao G. (2022) **[11]** по поражениям печени.

Респираторный Протокол 2 возвращает легочную функцию тем, кто перенес тяжелые легочные патологии и операции. Мы заводим на него пациентов с постковидным синдромом, после внебольничных пневмоний, при стабильной ХОБЛ и после кардиохирургических вмешательств. Газ подается через маску или канюлю в концентрации 2—4%. Дышать им нужно каждый день от 30 до 90 минут, а сам курс мы растягиваем на 10—21 день. Водород здесь идет не один — его потенцируют спелеотерапия, аэрозоли, дыхательная гимнастика и целевая ЛФК. Этот комплекс мы строили на жесткой базе РКИ Zheng (2021) **[21]** и Botek (2022) **[16]**, а также на отечественных работах Шогеновой (2024) **[5]** и Поздняковой (2024) **[22]**.

Неврологический Протокол 3 направлен на раннюю реабилитацию после ишемических инсультов (оптимально — от одного до шести месяцев после сосудистой катастрофы). Параллельно мы берем пациентов с болезнью Паркинсона I—III стадии по Хён—Яру и лиц с тяжелым хроническим стрессом. Пациент принимает 1,3—2% водород через лицевую маску. Сеансы идут ежедневно по 30—60 минут, курс занимает от двух до трех недель. Ингаляции мы жестко связываем с кинезиотерапией, эрготерапией, работой с психотерапевтом и гидрокинезиотерапией. За этим алгоритмом стоят прямые клинические доказательства Ono (2017) **[13]** по инсультам и РКИ Yoritaka (2021) **[12]** по паркинсонизму.

Протокол 4 закрывает сложнейшую нишу онкологической реабилитации. Опережающее требование — жесткая ремиссия: после последней химии или лучевой терапии должно пройти не менее 4—6 недель. Мы берем пациентов, у которых лечение оставило тяжелый системный след: истощение иммунитета, периферическую нейропатию, депрессию и усталость по шкале FACIT-F. Но без консилиума с лечащим онкологом и полной верификации отсутствия активной опухоли мы ингаляции не начинаем. Если допуск есть, пациент получает 4% H_2 по 60 минут в день курсом 14—21 день на фоне щадящей ЛФК, диетотерапии и бальнеолечения. Иммуномодулирующий базис шага полностью подтверждают работы Akagi (2019) **[14]** и обзор Mohd Noor (2023) **[15]**.

Спортивный Протокол 5 разработан как для профессионалов, так и для любителей в фазе жестких тренировок или после соревнований. Газ убирает синдром перетренированности. Мы даем 4% водород по 30 минут непосредственно до и после нагрузок, либо заводим атлетов на короткие интенсивные курсы по 5—10 дней. Метод сочетается с массажем, ЛФК и гидропроцедурами. Эффективность лактатного ответа доказана РКИ Botek (2022) **[16]**, а влияние на аэробную емкость — мета-анализом Zhou **[17]**.

Косметологический Протокол 6 борется с фотостарением и хроническими дерматозами в стадии ремиссии (псориаз, атопический дерматит). Ежедневные 30-минутные ингаляции

4% водорода мы соединяем с H_2-ваннами по 20—25 минут трижды в неделю. Курс занимает 14—21 день. Сюда же мы подключаем фотобиомодуляцию на волнах 660 и 850 нм. Механизмы этого омоложения описаны у Liang (2023) **[18]**, а дерматологический эффект подтвержден в РКИ Zhu (2018) **[19]**.

Чтобы развернуть эти шесть протоколов на базе санатория среднего масштаба (от 100 до 200 коек), мы спроектировали пятикомпонентную инфраструктуру. Центром становится зал H_2-ингаляций на 4—8 высокопоточных аппаратов Asclepius Meditech AMS-H-01 (или их аналогов класса II/III). При 30-минутных сеансах в три смены этот блок закроет потребность 8—16 пациентов одновременно. Для тяжелых больных мы закладываем индивидуальную процедурную сочетанной NO/H_2-терапии на платформе «Тианокс». Косметологию закроет капсула Hue Light HM-SPA500, а завершают архитектуру специализированные водородные ванны и портативные генераторы.

Юридическое поле в Республике Казахстан и ЕАЭС полностью готово к ввозу и эксплуатации такого оборудования. Процесс жестко регулирует Кодекс РК «О здоровье народа и системе здравоохранения» **[23]** и приказы Минздрава. Для Almaty Resort открыты два легальных пути: либо прямая национальная регистрация, либо использование результатов Росздравнадзора с автоматическим признанием в рамках ЕАЭС по Решению Совета ЕЭК № 27 **[24]**. Проблем с электробезопасностью не возникнет — регламенты ТР ТС 004/2011 и ТР ТС 020/2011 полностью унифицированы. От нас потребуются только локальные сан-эпид заключения на помещения и утвержденный протокол.

Высокогорные факторы Алматинского региона мы превратили в лечебные адъюванты. Almaty Resort находится на высоте около 1050 метров над уровнем моря — умеренная гипоксия и снижение парциального давления кислорода в этой точке резко усиливают противоокислительный ответ водорода. HoContinental сухой воздух и солнце накладывают свои ограничения: при высокопоточных ингаляциях мы обязаны закладывать жесткое принудительное увлажнение дыхательной смеси, иначе пересушивание слизистых сведет на нет терапевтический эффект.

Ограничения настоящего обзора

Мы четко видим слабые места своего обзора. Наш труд — нарративный. Мы не документировали поток публикаций по жестким протоколам, не рассчитывали риски системных ошибок по валидированным шкалам и отказались от количественного мета-анализа сводных эффектов. Выводы имеют сугубо описательный характер. Полноту охвата литературы мы гарантировать не можем — на статус систематического исследования эта работа не претендует. Поиск мы ограничили международными и русскоязычными базами за период с 2010 по 2025 год. Мы полностью упустили массивные пласты литературы на китайском, японском и корейском языках, которые индексируют только национальные реестры вроде CNKI, J-STAGE и KISS. Это признание важно: здесь неизбежно возник системный сдвиг отбора.

Заключение

Ингаляционный водород — технологически зрелое и доказанное направление для курортологии. База за восемнадцать лет охватила восемь медицинских систем. Плотность доказательств пестрая: от скромных пилотных тестов до многоцентровых РКИ фазы II/III. Наша отечественная школа сильна респираторными и кардиохирургическими проектами. Команды Чучалина, Шогеновой и Пичугина создали системные программы исследований в «Пульмонологии» и «Терапевтическом архиве». Они первыми вывели сочетанную NO/H_2-терапию на уровень закрытых контуров ИВЛ и отечественных аппаратов.

Предложенные нами шесть протоколов полностью реализуемы на технической базе современных здравниц Казахстана и ЕАЭС. Для Almaty Resort это готовые рельсы. Юридический фундамент у нас под ногами — Кодекс РК «О здоровье народа и системе здравоохранения» **[23]** и общие требования безопасности медицинских изделий ЕАЭС **[24]**. Мировые дефекты доказательной базы (популяционный сдвиг в сторону азиатских когорт и

дефицит РКИ III фазы) определяют наши приоритеты. Нам необходимы собственные клинические испытания на евразийских выборках. Нам нужны национальные методические рекомендации, созданные совместно с Минздравом РК, КазНМУ имени Асфендиярова и Медицинским университетом Астана. Конечная цель — запуск проспективного наблюдательного регистра пациентов с долгосрочной оценкой исходов.

Сведения о работе

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в концепцию, отбор источников, анализ и интерпретацию данных и подготовку рукописи; прочли и одобрили окончательную версию. [АВТОР 1] — концепция и дизайн обзора, стратегия поиска, разделы «Введение», «Материал и методы», «Заключение»; [АВТОР 2] — отбор публикаций, извлечение данных, раздел «Результаты»; [АВТОР 3] — раздел «Методологическая зрелость доказательной базы», «Принципы интеграции» и подготовка таблицы.

Финансирование. Исследование выполнено без внешнего финансирования. **Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Этическая экспертиза.** Этическое одобрение не требовалось, поскольку работа представляет собой обзор опубликованных литературных источников и не включает исследования с участием людей или животных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ohsawa I, Ishikawa M, Takahashi K, et al. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. Nat Med. 2007; 13 (6): 688—694. DOI: 10.1038/nm1577
2. Jin J, Yue L, Du M, et al. Molecular hydrogen therapy: mechanisms, delivery methods, preventive, and therapeutic application. MedComm. 2025; 6 (5): e70194. DOI: 10.1002/mco2.70194
3. Ohta S. Molecular hydrogen as a preventive and therapeutic medical gas: initiation, development and potential of hydrogen medicine. Pharmacol Ther. 2014; 144 (1): 1—11. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2014.04.006
4. Чучалин А.Г. Молекулярный водород как биологический маркер и лекарственный препарат: фундаментальные основания и клинические перспективы. Пульмонология. 2024; 34 (5): 634—642. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-5-634-642 / Chuchalin A.G. Molecular hydrogen as a biological marker and a medicinal product (in Russian).
5. Шогенова Л.В., Гуфранов Х.Ф., Крюкова Н.О. и др. Применение ингаляционной водородной терапии в комплексной реабилитации пациентов с дыхательной недостаточностью на фоне обострения хронической обструктивной болезни лёгких в постковидном периоде. Пульмонология. 2024; 34 (5): 655—667. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-5-655-667 / Shogenova L.V. et al. Application of inhalational hydrogen therapy in complex rehabilitation of patients with respiratory failure due to COPD exacerbation in the post-COVID period (in Russian).
6. Tamura T, Narumiya H, Homma K, Suzuki M. Combination of hydrogen inhalation and hypothermic temperature control after out-of-hospital cardiac arrest: a post hoc analysis of the HYBRID II trial. Crit Care Med. 2024; 52 (10): 1567—1576. DOI: 10.1097/CCM.0000000000006395
7. Liu BY, Jiang X, Xie YB, et al. The effect of a low-dose hydrogen-oxygen mixture inhalation in midlife/older adults with hypertension: a randomized, placebo-controlled trial. Front Pharmacol. 2022; 13: 1025487. DOI: 10.3389/fphar.2022.1025487
8. Пичугин В.В., Дерюгина А.В., Домнин С.Е. и др. Первый опыт сочетанного применения оксида азота и молекулярного водорода в кардиохирургии у пациентов высокого риска. Пульмонология. 2024; 34 (1): 32—41. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-1-32-41 / Pichugin V.V. et al. The first experience of the combined use of nitric oxide and molecular hydrogen for cardiac surgery in high-risk patients (in Russian).
9. Ji H, Liu Z, Zhao Z, et al. Real-world effectiveness and safety of hydrogen inhalation in Chinese patients with type 2 diabetes: a single-arm, retrospective study. Diabetes Metab Syndr Obes. 2023; 16: 2039—2050. DOI: 10.2147/DMSO.S412898
10. LeBaron TW, Singh RB, Fatima G, et al. The effects of 24-week, high-concentration hydrogen-rich water on body composition, blood lipid profiles and inflammation biomarkers in men and women with

metabolic syndrome: a randomized controlled trial. Diabetes Metab Syndr Obes. 2020; 13: 889—896. DOI: 10.2147/DMSO.S240122
11. Tao G, Zhang G, Chen W, et al. A randomized, placebo-controlled clinical trial of hydrogen/oxygen inhalation for non-alcoholic fatty liver disease. J Cell Mol Med. 2022; 26 (14): 4113—4123. DOI: 10.1111/jcmm.17456
12. Yoritaka A, Kobayashi Y, Hayashi T, Saiki S, Hattori N. Randomized double-blind placebo-controlled trial of hydrogen inhalation for Parkinson's disease: a pilot study. Neurol Sci. 2021; 42 (11): 4767—4770. DOI: 10.1007/s10072-021-05489-4
13. Ono H, Nishijima Y, Ohta S, et al. Hydrogen gas inhalation treatment in acute cerebral infarction: a randomized controlled clinical study on safety and neuroprotection. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2017; 26 (11): 2587—2594. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.06.012
14. Akagi J, Baba H. Hydrogen gas restores exhausted CD8+ T cells in patients with advanced colorectal cancer to improve prognosis. Oncol Rep. 2019; 41 (1): 301—311. DOI: 10.3892/or.2018.6841
15. Mohd Noor MNZ, Alauddin AS, Wong YH, et al. A systematic review of molecular hydrogen therapy in cancer management. Asian Pac J Cancer Prev. 2023; 24 (1): 37—47. DOI: 10.31557/APJCP.2023.24.1.37
16. Botek M, Krejčí J, Valenta M, et al. Molecular hydrogen positively affects physical and respiratory function in acute post-COVID-19 patients: a new perspective in rehabilitation. Int J Environ Res Public Health. 2022; 19 (4): 1992. DOI: 10.3390/ijerph19041992
17. Zhou K, Liu M, Wang Y, et al. Effects of molecular hydrogen supplementation on fatigue and aerobic capacity in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. Front Nutr. 2023; 10: 1094767. DOI: 10.3389/fnut.2023.1094767
18. Liang T, Bai X, Zhao S, et al. Mechanisms of hydrogen in dermatology: from clinical applications to molecular pathways. Antioxidants (Basel). 2023; 12 (6): 1245. DOI: 10.3390/antiox12061245
19. Zhu Q, Wu Y, Li Y, et al. Positive effects of hydrogen-water bathing in patients of psoriasis and parapsoriasis en plaques. Sci Rep. 2018; 8: 8051. DOI: 10.1038/s41598-018-26388-3
20. Xiao K, Liu J, Sun Y, et al. Anti-inflammatory and antioxidant activity of high concentrations of hydrogen in the lung diseases: a systematic review and meta-analysis. Front Immunol. 2024; 15: 1444958. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1444958
21. Zheng ZG, Sun WZ, Hu JY, et al. Hydrogen/oxygen therapy for the treatment of an acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: results of a multicenter, randomized, double-blind, parallel-group controlled trial. Respir Res. 2021; 22: 149. DOI: 10.1186/s12931-021-01740-w
22. Позднякова Д.Д., Бахарева Т.А., Баранова И.А. и др. Реабилитационная программа постковидного синдрома с применением оксида азота и молекулярного водорода. Терапевтический архив. 2024; 96 (3): 260—265. DOI: 10.26442/00403660.2024.03.202639 / Pozdnyakova D.D. et al. Rehabilitation programme for post-COVID syndrome using nitric oxide and molecular hydrogen (in Russian).
23. Кодекс Республики Казахстан от 7 июля 2020 года № 360-VI ЗРК «О здоровье народа и системе здравоохранения» (введён в действие с 1 января 2021 года) (in Russian).
24. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 12 февраля 2016 г. № 27 «Об утверждении общих требований безопасности и эффективности медицинских изделий» (in Russian).

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-62-66

FORTEPIANONUN YENI SƏS DÜNYASI: AZƏRBAYCAN BƏSTƏKARLARININ YARADICILIQ AXTARIŞLARI

BAŞ MÜƏLLIM AYNUR SƏFƏR QIZI MƏMMƏDOVA
Naxçıvan Dövlət Universiteti

Xülasə. *Məqalədə müasir Azərbaycan bəstəkarlarının yaradıcılığında fortepianonun yeni ifadə və səslənmə imkanlarının araşdırılması məsələsi nəzərdən keçirilir. Azərbaycan fortepiano musiqisinin inkişafında milli musiqi irsi – muğam, aşıq musiqisi, xalq mahnıları, rəqs intonasiyaları və milli lad-məqam sistemi – ilə müasir bəstəkarlıq texnikalarının qarşılıqlı əlaqəsi əsas istiqamətlərdən biri kimi səciyyələndirilir. Müasir bəstəkarların yaradıcılığında fortepiano ənənəvi klavişli alət funksiyasından çıxaraq simləri, korpusu və digər konstruktiv hissələri ilə yeni tembr və faktura mənbəyinə çevrilir. "Hazırlanmış fortepiano", aleatorika, sonoristika, pointillizm, minimalizm, genişlənmiş ifa texnikaları, kollaj və teatrlaşdırma kimi üsullar alətin səs palitrasını əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirir. Məqalədə Firəngiz Əlizadə, Aydın Əzimov, Cavanşir Quliyev, R. Həsənova, Fərəc Qarayev və Oktay Rəcəbovun yaradıcılığı əsasında müasir Azərbaycan fortepiano musiqisinin əsas inkişaf meylləri təhlil olunur. Araşdırma göstərir ki, milli musiqi materialının müasir kompozisiya prinsipləri ilə birləşdirilməsi Azərbaycan fortepiano yaradıcılığında həm ənənənin qorunmasına, həm də yeni bədii ifadə vasitələrinin meydana gəlməsinə şərait yaradır.*

Məqalənin əsas məqsədi müasir Azərbaycan fortepiano musiqisində fortepianonun səs imkanlarının genişləndirilməsi, milli musiqi materialının müasir bəstəkarlıq texnikaları ilə əlaqələndirilməsi və bu prosesin ayrı-ayrı bəstəkarların yaradıcılığında təzahür xüsusiyyətlərini araşdırmaqdır.

Açar sözlər: *musiqi, fortepiano, bəstəkar, forma, muğam, milli, əsər.*

Fortepianonun yeni səs dünyası: Azərbaycan bəstəkarlarının yaradıcılıq axtarışları

Fortepiano Azərbaycan bəstəkarlıq məktəbinin formalaşması və inkişafı prosesində mühüm yer tutan musiqi alətlərindən biridir. XX əsrdə Azərbaycan professional bəstəkarlıq məktəbinin inkişafı ilə fortepiano üçün yazılan əsərlərin sayı və janr müxtəlifliyi də artmış, alət həm solo, həm kamera-instrumental, həm də orkestr musiqisində geniş istifadə olunmuşdur. Fortepiano üçün prelüd, pyes, sonata, variasiya, rapsodiya, konsert və digər janrlarda əsərlərin yaradılması milli bəstəkarlıq məktəbinin ümumi inkişaf tendensiyalarını əks etdirmişdir. Lakin müasir dövrdə fortepianoya münasibət yalnız ənənəvi ifa və kompozisiya prinsipləri ilə məhdudlaşmır. XX əsrin ikinci yarısından etibarən dünya musiqisində müşahidə olunan avanqard və eksperimental axtarışlar fortepianonun təbiətinə yanaşmanı da dəyişdirmişdir. Alətin yalnız klavişləri vasitəsilə deyil, simləri, korpusu, qapağı və digər hissələri vasitəsilə səsləndirilməsi yeni tembrlərin meydana gəlməsinə səbəb olmuşdur. Bu proses Azərbaycan bəstəkarlarının yaradıcılığında da özünəməxsus şəkildə əksini tapmışdır. Müasir Azərbaycan bəstəkarlığında bu yeniliklər milli musiqi təfəkküründən ayrılmış şəkildə deyil, əksinə, milli musiqi irsi ilə qarşılıqlı əlaqədə meydana çıxır. Muğamın improvizasiya xüsusiyyətləri, aşıq musiqisinin ritmik və intonasiya xüsusiyyətləri, xalq rəqslərinin ritmik quruluşu, milli lad-məqam sistemi və folklorun müxtəlif janr elementləri müasir kompozisiya üsulları ilə yeni bədii mühitə daxil edilir. Bu baxımdan müasir Azərbaycan fortepiano musiqisinin öyrənilməsi iki əsas istiqamətin qarşılıqlı münasibətini araşdırmağa imkan verir: ənənə və yenilik. Bir tərəfdən milli musiqi təfəkküründün əsas elementləri qorunur, digər tərəfdən isə həmin materiallar yeni tembr, faktura, ritm və kompozisiya prinsipləri əsasında yenidən düşünülür.

Azərbaycan fortepiano musiqisinin inkişafı milli musiqi irsi ilə sıx bağlı olmuşdur. Xalq musiqisi, muğam və aşıq yaradıcılığı bəstəkarların melodik, ritmik və lad düşüncəsinin formalaşmasında mühüm rol oynamışdır. Bununla yanaşı, Azərbaycan bəstəkarları müxtəlif dövrlərdə Avropa professional musiqisinin janr və kompozisiya prinsiplərindən də istifadə etmişlər.

Müasir mərhələdə bu qarşılıqlı əlaqə daha mürəkkəb xarakter alır. Milli musiqi elementləri artıq yalnız hazır melodiyanın sitatlaşdırılması formasında deyil, əsərin ümumi dramaturgiyasını, intonasiya quruluşunu, ritmik təşkilini və fakturasını müəyyən edən komponent kimi çıxış edə bilir.

Muğamın xüsusilə əhəmiyyətli xüsusiyyəti onun improvizasiya təbiətidir. Muğam ifaçısının melodik materialı müxtəlif variantlarda inkişaf etdirməsi, intonasiya üzərində sərbəst işləməsi və melodik xəttin emosional gərginliyini tədricən artırması bəstəkar təfəkküründə də təsir göstərir. Müasir fortepiano əsərlərində bu xüsusiyyətlər birbaşa muğam sitatı şəklində deyil, improvizasiya xarakterli inkişaf, variantlılıq, ornamentika və intonasiya çevikliyi formasında da özünü göstərə bilər.

Aşıq musiqisi də müasir bəstəkarların yaradıcılığında mühüm mənbələrdən biridir. Aşıq yaradıcılığının ritmik çevikliyi, melodik quruluşu və sazın səslənmə xüsusiyyətləri fortepiano fakturasında yeni şəkildə təcəssüm etdirilə bilər. Beləliklə, milli musiqi materialı fortepiano üçün yazılmış müasir əsərlərdə yalnız melodik mənbə deyil, həm də kompozisiya düşüncəsinin əsas elementlərindən birinə çevrilir.

Müasir musiqidə mühüm yaradıcılıq istiqamətlərindən biri alətin ənənəvi funksional imkanlarının genişləndirilməsidir. Fortepiano tarixən klavişlər vasitəsilə səsləndirilən alət kimi qəbul edilsə də, müasir bəstəkarlar onun konstruktiv quruluşunda mövcud olan müxtəlif səs mənbələrindən istifadə etməyə başlamışlar.

Fortepianonun simlərinə birbaşa toxunmaq, onları müxtəlif üsullarla səsləndirmək, korpus və qapaqdan ritmik və perkusiv məqsədlərlə istifadə etmək alətin tembr palitrasını genişləndirir. Nəticədə fortepiano yalnız harmonik və melodik funksiyaları yerinə yetirən alət deyil, həm də zərb, simli və müxtəlif səs effektlərini xatırladan mürəkkəb tembr mənbəyinə çevrilir. Bu yanaşma faktura anlayışına da yeni məna verir. Ənənəvi fortepiano fakturasında əsas diqqət melodik xətt, akkord, arpecio, polifonik və homofon quruluşlara yönəlirsə, genişlənmiş ifa texnikalarında səsin fiziki yaranma prosesi də musiqi materialının bir hissəsinə çevrilir.

Beləliklə, müasir fortepiano əsərində "nə çalınır?" sualı ilə yanaşı, "səs necə yaradılır?" sualı da mühüm əhəmiyyət qazanır. Bu dəyişiklik bəstəkarla ifaçı arasındakı yaradıcılıq münasibətlərinə də təsir edir. İfaçı artıq yalnız not mətnini dəqiq səsləndirən şəxs deyil, müəyyən hallarda əsərin tembr və səs effektlərinin yaradılmasında fəal iştirak edən yaradıcı tərəfə çevrilir.

Fortepianonun səs imkanlarının genişləndirilməsi baxımından "hazırlanmış fortepiano" texnikası xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Bu üsul fortepianonun simləri arasına və ya onların müəyyən hissələrinə müxtəlif material və əşyaların yerləşdirilməsi yolu ilə alətin ənənəvi tembrinin dəyişdirilməsinə əsaslanır. Hazırlanmış fortepiano texnikasının əsas nəticəsi eyni alətin daxilində fərqli tembr xüsusiyyətlərinə malik səslərin meydana gəlməsidir. Simlərin səslənmə xüsusiyyətləri dəyişdirildikdə fortepiano bəzən zərb alətini, bəzən zəngvari və ya metalik səslənməni xatırladan yeni tembr çalarları yarada bilir.

Azərbaycan bəstəkarlığında bu texnikaya müraciət edən sənətkarlardan biri Firəngiz Əlizadədir. Onun yaradıcılığı Azərbaycan musiqisində milli intonasiya ilə müasir musiqi dilinin əlaqələndirilməsi baxımından diqqətəlayiqdir. Bəstəkarın fortepianoya yanaşmasında alətin konstruktiv imkanlarının araşdırılması xüsusi yer tutur. Bu yanaşmanın əhəmiyyəti yalnız yeni effektlərin əldə edilməsində deyil. Hazırlanmış fortepiano bəstəkarın musiqi materialının özünü fərqli şəkildə qurmasına imkan yaradır. Əsərin dramaturgiyası və obraz sistemi səsin fiziki xüsusiyyətləri ilə əlaqələndirilə bilir.

Aydın Əzimovun "La makam" əsəri müasir Azərbaycan fortepiano musiqisində genişlənmiş ifa texnikalarının və milli musiqi materialının qarşılıqlı əlaqəsi baxımından maraqlı nümunədir. Əsərdə hazırlanmış fortepiano texnikası ilə yanaşı, aleatorik prinsiplər və digər genişlənmiş ifa üsullarından istifadə olunur. Burada fortepianonun simləri sadəcə ənənəvi fortepiano mexanizminin bir hissəsi kimi deyil, müstəqil səs mənbəyi kimi təqdim edilir. Bu xüsusiyyət əsərin tembr və faktura quruluşunun zənginləşməsinə səbəb olur.

Əsərin mühüm xüsusiyyətlərindən biri də heterofonik düşüncənin tətbiqidir. Heterofoniya eyni və ya oxşar melodik materialın müxtəlif ifa variantlarında paralel şəkildə səslənməsi ilə

xarakterizə olunur. Belə yanaşma melodik materialın vahidliyini qoruyaraq onun daxilində ritmik, intonasiya və tembr müxtəlifliyi yaratmağa imkan verir. “La makam” əsərində müasir texnikaların milli musiqi mənbələri ilə əlaqələndirilməsi də diqqəti cəlb edir. Aşıq musiqisinin müəyyən xüsusiyyətlərinin əsərin musiqi dilində əks olunması müasir kompozisiya üsulları ilə milli musiqi təfəkküründün qarşılıqlı əlaqəsini göstərir. Burada mühüm cəhət ondan ibarətdir ki, milli musiqi elementi əsərə xarici bəzək kimi əlavə olunmur. O, əsərin intonasiya və ritmik quruluşunun formalaşmasında iştirak edən komponentə çevrilir.

Azərbaycan fortepiano musiqisinin müasir inkişaf istiqamətlərindən biri milli lad-məqam sisteminin yeni kompozisiya prinsipləri əsasında işlənməsidir. Muğam və milli ladlar Azərbaycan musiqi təfəkküründün əsas komponentlərindən olduğundan onların fortepiano yaradıcılığında istifadə olunması milli üslubun qorunmasına mühüm təsir göstərir. Lakin müasir bəstəkarların yanaşması ənənəvi melodik materialın sadə şəkildə təkrarlanmasından ibarət deyil. Milli ladlar yeni harmonik münasibətlər, ritmik strukturlar, faktura modelləri və kompozisiya prinsipləri ilə birləşdirilir.

Cavanşir Quliyevin “Muğam ladlarında interlüdlərlə yeddi pyes” əsəri bu baxımdan diqqətəlayiq nümunədir. Əsərin adından da göründüyü kimi, muğam ladları burada əsas musiqi materiallarından birini təşkil edir. Lakin bu material müasir fortepiano yazı üslubu çərçivəsində yenidən işlənir. Bu cür yanaşma milli ladların müasir musiqidə funksional imkanlarını genişləndirir. Muğam intonasiyası yalnız melodik xətt yaratmaq üçün istifadə olunmur; o, əsərin emosional və obrazlı məzmununun formalaşmasında da iştirak edə bilir. Nəticədə milli lad-məqam sistemi müasir kompozisiya dilinə inteqrasiya olunur və ənənə ilə müasirlik arasında bədii körpü yaradır.

R. Həsənovanın yaradıcılığında milli musiqi irsinin müasir kompozisiya vasitələri ilə yenidən düşünülməsi mühüm yer tutur. Bəstəkarın əsərlərində qədim rəqslər, xalq musiqisi, muğam improvizasiyaları və müxtəlif folklor elementləri müasir musiqi dili çərçivəsində təqdim olunur. Bu yanaşmanın səciyyəvi xüsusiyyətlərindən biri folklor materialına minimalist münasibətdir. Qısa melodik və ritmik motivlərin təkrar və variantlı şəkildə işlənməsi onların müxtəlif tembr, dinamika və faktura şəraitində yeni məna qazanmasına imkan verir. “Çeşmə” əsərində muğam improvizasiyası və saz melodiyaları ilə yanaşı, “Cəngi” və yallı intonasiyalarının istifadə olunması müxtəlif milli musiqi qatlarının bir əsərdə qarşılıqlı əlaqəsini nümayiş etdirir. Burada folklorun ayrı-ayrı elementləri vahid bədii sistem daxilində yeni münasibətlər qazanır. “Alla Meykhana” əsərində isə meyxana janrının ritmik və improvizasiya xüsusiyyətlərinin instrumental musiqiyə köçürülməsi diqqəti cəlb edir. Meyxananın ritmik çevikliyi və spontan ifadə xarakteri fortepiano fakturasında yeni şəkildə təcəssüm etdirilir. Beləliklə, R. Həsənovanın yaradıcılığında folklor keçmişin statik nümunəsi kimi deyil, müasir musiqi düşüncəsini formalaşdıran canlı yaradıcılıq mənbəyi kimi çıxış edir.

Fərəc Qarayevin yaradıcılığı Azərbaycan müasir bəstəkarlıq məktəbində eksperimental və avanqard axtarışların inkişafı ilə sıx bağlıdır. Onun musiqi dilində sonoristika, aleatorika, pointillizm, kollaj, caz elementləri, teatrlaşdırma və genişlənmiş ifa texnikaları kimi müxtəlif üsullar müşahidə olunur. Sonoristik yanaşmada səsin melodik və harmonik funksiyası ilə yanaşı, onun tembr, registr, sıxlıq və akustik xüsusiyyətləri də ön plana keçir. Bu baxımdan fortepiano geniş imkanlara malik alət kimi çıxış edir. Fortepianonun simlərinin, korpusunun və digər konstruktiv hissələrinin səs mənbəyinə çevrilməsi alətin ənənəvi funksiyasını genişləndirir. Səs artıq yalnız müəyyən yüksəkliyə malik nota kimi deyil, tembr və akustik hadisə kimi də qəbul edilir. Aleatorik prinsiplər isə bəzi hallarda ifaçının seçim imkanlarını artıraraq əsərin hər ifasında müəyyən fərqlərin yaranmasına şərait yaradır. Bu xüsusiyyət fortepiano əsərinin statik not mətnindən daha çevik və dəyişkən musiqi prosesinə çevrilməsinə səbəb ola bilər.

Fərəc Qarayevin yaradıcılığında milli və müasir elementlərin münasibəti də xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Xalq və akademik musiqi ənənələrinin müasir kompozisiya üsulları ilə əlaqələndirilməsi Azərbaycan musiqisinin ümumdünya müasir musiqi prosesləri ilə dialoqunu gücləndirir.

Müasir Azərbaycan fortepiano musiqisinin inkişafı yalnız eksperimental və avanqard axtarışlarla xarakterizə olunmur. Ənənəvi fortepiano yazı üslubunu davam etdirən və klassik kompozisiya prinsiplərini milli musiqi materialı ilə birləşdirən bəstəkarların yaradıcılığı da bu

prosesin mühüm hissəsidir. Oktay Rəcəbovun əsərlərində klassik fortepiano ənənələri, proqramlılıq və milli musiqi xüsusiyyətləri daha aydın şəkildə müşahidə olunur. Onun "Rapsodiya" əsərində fortepiano texnikasına və folklor xüsusiyyətlərinə maraq özünü göstərir. Rapsodiya janrının improvizasiya xarakteri və müxtəlif musiqi epizodlarının qarşılaşdırılmasına əsaslanan quruluşu milli musiqi materialının təqdimatı üçün geniş imkanlar yaradır. Bu baxımdan əsərdə texniki imkanlarla musiqi obrazının qarşılıqlı əlaqəsi mühüm rol oynayır. Oktay Rəcəbovun yaradıcılığı göstərir ki, müasirlik mütləq şəkildə eksperimental texnikaların tətbiqi demək deyil. Müasir fortepiano musiqisi daxilində klassik forma, proqramlılıq, milli intonasiya və ənənəvi ifa texnikaları da öz inkişafını davam etdirir.

Müasir Azərbaycan fortepiano musiqisinin ümumi mənzərəsinə nəzər saldıqda bir neçə əsas istiqaməti müəyyənləşdirmək mümkündür. İlk növbədə, milli musiqi irsinin müasir formada yenidən düşünülməsi diqqəti cəlb edir. Muğam, aşıq musiqisi, xalq mahnıları, rəqslər və milli ladlar bəstəkarların əsərlərində müxtəlif formalarda istifadə olunur. İkinci istiqamət fortepianonun səs imkanlarının genişləndirilməsidir. Hazırlanmış fortepiano, simlərin birbaşa səsləndirilməsi, korpusdan perkusiv məqsədlərlə istifadə və digər genişlənmiş texnikalar alətin tembr imkanlarını artırır. Üçüncü istiqamət müasir kompozisiya texnikalarının tətbiqidir. Aleatorika, sonoristika, pointillizm, minimalizm, kollaj və digər üsullar milli musiqi materialının yeni kontekstdə təqdim edilməsinə imkan yaradır. Dördüncü istiqamət janr və üslub sintezidir. Akademik musiqi ilə folklor, caz, teatrlaşdırma və improvizasiya elementlərinin qarşılıqlı əlaqəsi yeni bədii formaların meydana çıxmasına şərait yaradır. Beşinci istiqamət isə ifaçı faktorunun əhəmiyyətinin artmasıdır. Genişlənmiş ifa texnikalarının tətbiqi ifaçıdan yalnız yüksək texniki hazırlıq deyil, həm də əsərin səs materialına yaradıcı yanaşma tələb edir.

Azərbaycan bəstəkarlarının yaradıcılıq axtarışları yalnız milli musiqi ənənələri daxilində deyil, ümumdünya müasir musiqi prosesləri ilə əlaqədə inkişaf edir. XX və XXI əsr musiqisində tembrin, səsin fiziki xüsusiyyətlərinin, improvizasiyanın və ifaçı faktorunun ön plana çıxması Azərbaycan bəstəkarlarının yaradıcılıq təcrübəsində də müxtəlif formalarda öz əksini tapır. Bu proses milli musiqinin itirilməsi ilə nəticələnmir. Əksinə, milli musiqi materialının yeni kompozisiya üsulları vasitəsilə işlənməsi onun müasir bədii mühitdə yaşamasına imkan verir. Burada əsas məsələ ənənəvi materialın sadəcə qorunması deyil, onun yeni bədii şəraitdə yenidən mənalandırılmasıdır. Muğam intonasiyası, aşıq melodikası və xalq rəqslərinin ritmik xüsusiyyətləri müasir musiqi dilinə daxil olduqda yeni funksiyalar qazana bilir. Beləliklə, Azərbaycan fortepiano musiqisi milli və qlobal musiqi prosesləri arasında dialoq yaradan yaradıcılıq sahələrindən biri kimi çıxış edir.

Nəticə

Müasir Azərbaycan fortepiano musiqisi ənənə və yeniliyin qarşılıqlı əlaqəsi əsasında inkişaf edən çoxşaxəli və dinamik yaradıcılıq sahəsidir. Bu musiqidə fortepiano ənənəvi melodik, harmonik və ritmik funksiyalarını qorumaqla yanaşı, yeni tembr və faktura imkanlarına malik müasir səs mənbəyi kimi də təqdim olunur. Azərbaycan bəstəkarlarının yaradıcılıq axtarışlarında milli musiqi irsi xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Muğam, aşıq musiqisi, xalq mahnıları, milli lad-məqam sistemi, qədim rəqslər, yallı, cəngi və meyxana kimi folklor elementləri müasir kompozisiya prinsipləri ilə əlaqələndirilərək yeni bədii məna qazanır.

Firəngiz Əlizadənin hazırlanmış fortepiano texnikasına müraciəti, Aydın Əzimovun "La makam" əsərində simlərin, heterofoniyanın və genişlənmiş ifa üsullarının tətbiqi, Cavanşir Quliyevin muğam ladlarını müasir fortepiano dilində işləməsi, R. Həsənovanın folklor materialını minimalist və müasir ifadə vasitələri ilə yenidən düşünməsi, Fərəc Qarayevin sonoristik və avanqard axtarışları, Oktay Rəcəbovun isə klassik fortepiano ənənələrini milli xüsusiyyətlərlə əlaqələndirməsi bu müxtəlifliyin ayrı-ayrı təzahürlərini göstərir. Müasir Azərbaycan fortepiano musiqisinin əsas xüsusiyyəti müxtəlif estetik və texniki istiqamətlərin paralel mövcudluğudur. Bir tərəfdən klassik forma və janrlar öz əhəmiyyətini qoruyur, digər tərəfdən aleatorika, sonoristika, pointillizm, minimalizm, kollaj və genişlənmiş ifa texnikaları yeni ifadə vasitələri yaradır. Bu prosesdə fortepiano sadəcə klavişli musiqi aləti kimi deyil, özünün bütün konstruktiv quruluşu ilə

potensial səs məkanı kimi dərk edilir. Simlər, korpus, qapaq və digər hissələr bəstəkarın yaratdığı musiqi obrazının formalaşmasında iştirak edə bilir. Bunun nəticəsində fortepianonun tembr və faktura imkanları genişlənir, ifaçının rolu artır və əsərin səslənməsi yeni akustik xüsusiyyətlər qazanır.

Nəticə etibarilə, müasir Azərbaycan fortepiano musiqisinin inkişafı iki mühüm prosesin – milli musiqi irsinin qorunması və yeni bədii ifadə vasitələrinin axtarışının – qarşılıqlı əlaqəsi ilə səciyyələnir. Qara Qarayev bəstəkarlıq məktəbinin yaratdığı professional ənənə sonrakı nəsil bəstəkarların yaradıcılığında müxtəlif istiqamətlərdə davam etdirilmiş, milli musiqi təfəkkürü müasir kompozisiya üsulları ilə yeni məzmun və ifadə imkanları qazanmışdır.

İSTIFADƏ OLUNAN ƏDƏBIYYAT:

Azərbaycan dilində

1. Azərbaycan musiqi tarixi(redaktor: Z.Səfərova) V cild Bakı: “Elm nəşriyyatı”-2020
2. Mirzəyev S. “Fərəc Qarayev və yetirmələrinin əsərlərinə piano ifaçısı baxışı” Bakı: “Qanun”-2020

İnternet resursları

3. Abbasova V. “Elmir Mirzəyev-Həyatın özü bir xulya teatrıdır.” (müsahibə) “Azlogos” 17.10.2022 https://azlogos.eu/elmir-mirzəyev-həyatin-ozu-bir-xulya-teatridir/
4. Məhyədinli G. “Əli Əlizadə-Mən həmişə öz yolumu tapmağa çalışırdım.”(müsahibə) Azlogos” 13.07.2021 https://azlogos.eu/əli-əlizadə-mən-həmisə-oz-yolumu-tapmaga-calisirdim/
5. Şəfiyeva H. “Musiqi janrları kimi insanların ruhu da fərqlidir”-Turan Manafzadə”(müsahibə) 525-ci qəzet 20.04.24 https://525.az/news/259991-musiqi-janrlari-kimi-insanlarin-ruhu-da-ferqlidir--turan-manafzade/

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-67-75

«НЕРУИ НАРМ» ДАР МУНОСИБАТҲОИ БАЙНАЛМИЛАЛИИ ҶУМҲУРИИ ФЕДЕРАТИВИИ ОЛМОН

САНАВБАРБОНУ ВАҲИДОВА
доктори илмҳои таърих, профессор. Мудири шуъбаи Аврупои Институти омӯзиши кишварҳои Осиё ва Аврупо, Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон
Душанбе, Тоҷикистон

Дар мақолаи мазкур масъалаи «қудрати нарм» дар муносибатҳои байналмилалии Ҷумҳурии Федеративии Олмон мавриди омӯзиш қарор гирифтааст. Муаллиф хусусиятҳои ташаккул ва рушди «қудрати нарм»-и Олмон дар давраи баъди Ҷанги Дуюми Ҷаҳонӣ ва махсусан пас аз муттаҳидшавии кишвар баррасӣ намуда, таваҷҷуҳи асосӣ ба истифодаи воситаҳои ғайрииҷборӣ, аз ҷумла дипломатия, фарҳанг, забон, маориф, илм, мубодилаи академӣ, иттилоот, ҳамкории иқтисодӣ ва рушди байналмилалӣ равона шудааст.

Муаллиф зикр менамояд, ки фаъолияти ниҳодҳои асосии татбиққунандаи «қудрати нарм»-и Олмон, аз ҷумла бунёдҳои сиёсии кишвар, Хадамоти мубодилаи академии Олмон (DAAD), Институти Гёте, Deutsche Welle ва Ҷамъияти ҳамкории байналмилалии Олмон (GIZ) таҳлил карда шудааст. Муайян гардид, ки ҳамкории мақомоти давлатӣ бо муассисаҳои мустақил, ҷамъиятӣ ва байналмилалӣ ба Олмон имконият медиҳад, ки тавассути эҷоди эътимод, ҷозибаи фарҳангӣ ва робитаҳои дарозмуддат нуфузи худро дар арсаи байналмилалӣ таҳким бахшад.

Калидвожаҳо: *қудрати нарм, Олмон, сиёсати хориҷӣ, муносибатҳои байналмилалӣ, дипломатияи фарҳангӣ, дипломатияи ҷамъиятӣ, маориф, илм, DAAD, Институти Гёте, Deutsche Welle, GIZ, бунёдҳои сиёсӣ, нуфузи байналмилалӣ.*

«МЯГКАЯ СИЛА» В МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЯХ ФЕДЕРАТИВНОЙ РЕСПУБЛИКИ ГЕРМАНИЯ

САНАВБАРБОНУ ВАХИДОВА
доктор исторических наук, профессор. Заведующии отделом Европы Института изучения проблем стран Азии и Европы НАНТ
Душанбе, Точикостан

Аннотация. *В статье рассматривается концепция «мягкой силы» в контексте международных отношений Федеративной Республики Германия. Автор анализирует становление и развитие «мягкой силы» Германии в послевоенный период — и особенно после объединения страны, — уделяя основное внимание использованию инструментов ненасильственного воздействия, таких как дипломатия, культура, язык, образование, наука, академические обмены, информационная деятельность, экономическое сотрудничество и содействие международному развитию.*

Автор отмечает, что в работе проанализирована деятельность ключевых институтов, реализующих «мягкую силу» Германии, в том числе политических фондов, Германской службы академических обменов (DAAD), Института имени Гёте (Goethe-Institut), телерадиокомпании Deutsche Welle и Германского общества по международному сотрудничеству (GIZ). Установлено, что сотрудничество между государственными органами и независимыми институтами гражданского общества, а также международными организациями позволяет Германии укреплять свое влияние на международной арене за счет формирования доверия, культурной привлекательности и долгосрочных связей.

Ключевые слова: *«мягкая сила», Германия, внешняя политика, международные отношения, культурная дипломатия, публичная дипломатия, образование, наука, DAAD, Институт имени Гёте, Deutsche Welle, GIZ, политические фонды, международное влияние.*

"SOFT POWER" IN THE INTERNATIONAL RELATIONS OF THE FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY

SANAVBARBONU VAKHIDOVA
Doctor of Historical Sciences, Professor. Head of the Department of Europe, Institute for the Study of Asian and European Countries, National Academy of Sciences of Tajikistan

Abstract. *This article examines the concept of "soft power" within the context of the international relations of the Federal Republic of Germany. The author analyzes the emergence and development of Germany's soft power in the post-war period—and particularly following reunification—focusing on the use of non-coercive instruments such as diplomacy, culture, language, education, science, academic exchanges, information activities, economic cooperation, and international development assistance.*

The author analyzes the activities of key institutions that implement Germany's soft power, including political foundations, the German Academic Exchange Service (DAAD), the Goethe-Institut, Deutsche Welle, and the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). The study finds that cooperation among state agencies, independent civil society institutions, and international organizations enables Germany to strengthen its influence on the international stage by fostering trust, cultural appeal, and long-term ties.

Key words: *"soft power," Germany, foreign policy, international relations, cultural diplomacy, public diplomacy, education, science, DAAD, Goethe-Institut, Deutsche Welle, GIZ, political foundations, international influence.*

Муқаддима. Дар шароити муосири рушди муносибатҳои байналмилалӣ нуфуз ва мавқеи давлатҳо дар арсаи ҷаҳонӣ на танҳо ба иқтидори ҳарбӣ ва иқтисодӣ, балки ба қобилияти онҳо дар ҷалби эътимод, ташаккули имиҷи мусбат ва таъсиррасонӣ тавассути арзишҳо, фарҳанг, маориф, илм ва дипломатия вобаста мебошад. Дар чунин муҳит мафҳуми «қудрати нарм» ба яке аз мафҳумҳои муҳимми таҳлили сиёсати хориҷӣ табдил ёфтааст. Қудрати нарм имкони давлатро дар таъсиррасонӣ ба рафтор ва мавқеи дигар субъектҳои муносибатҳои байналмилалӣ тавассути ҷалб ва эътимод, на маҷбуркунӣ ё истифодаи қувва, ифода менамояд.

Ҷумҳурии Федеративии Олмон аз ҷумлаи давлатҳое мебошад, ки дар татбиқи воситаҳои «қудрати нарм» таҷрибаи назаррас дорад. Таърихи сиёсӣ ва иҷтимоии Олмон, махсусан оқибатҳои Ҷанги Дуюми Ҷаҳонӣ, барои ташаккули модели махсуси сиёсати хориҷии кишвар замина фароҳам овард. Пас аз ҷанг Олмон бо зарурати барқарор намудани эътимоди ҷомеаи байналмилалӣ ва ташаккули симои нави худ рӯ ба рӯ гардид. Дар ин замина, истифодаи воситаҳои ғайрииҷборӣ — дипломатия, ҳамкории иқтисодӣ, рушди фарҳангӣ, маориф, илм ва иштироки фаъол дар созмонҳои байналмилалӣ — аҳамияти махсус пайдо кард[1].

Бо гузашти вақт, Олмон тавонист тавассути сиёсати бисёрҷониба, рушди ҳамкориҳои байналмилалӣ ва истифодаи имкониятҳои фарҳангӣ, илмӣ ва иқтисодӣ мавқеи худро ҳамчун яке аз давлатҳои таъсиргузори низоми байналмилалӣ таҳким бахшад. Махсусан пас аз муттаҳидшавии Олмон дар соли 1990, имкониятҳои кишвар барои татбиқи сиёсати хориҷии мустақил ва фаъол бештар гардиданд. Дар баробари иқтидори иқтисодӣ, «қудрати нарм» ба яке аз унсурҳои муҳими нуфузи байналмилалии Олмон табдил ёфт.

Аҳамияти омӯзиши «қудрати нарм»-и Олмон аз он иборат аст, ки ин кишвар модели нисбатан фарқкунандаи таъсиррасонии байналмилалиро ташаккул додааст. Дар ин модел давлат на танҳо тавассути сохторҳои расмии сиёсӣ, балки бо ҷалби муассисаҳои фарҳангӣ, илмӣ, таълимӣ, иттилоотӣ, бунёдҳои сиёсӣ ва ташкилотҳои рушди байналмилалӣ фаъолият менамояд. Хадамоти мубодилаи академии Олмон (DAAD), Институти Гёте, Deutsche Welle, Ҷамъияти ҳамкории байналмилалии Олмон (GIZ) ва бунёдҳои сиёсии Олмон аз ҷумлаи чунин ниҳодҳое мебошанд, ки дар таҳкими робитаҳои байналмилалӣ ва ташаккули симои кишвар нақши муҳим доранд[6].

Методҳо ва усулҳои таҳқиқ. Методологияи таҳқиқи сиёсати «қудрати нарм» дар муносибатҳои байналмилалии Ҷумҳурии Федеративии Олмон ба маҷмӯи усулҳои умумии илмӣ ва махсуси таҳқиқоти сиёсӣ такя менамояд. Ин усулҳо имконият медиҳанд, ки моҳият, хусусиятҳо, самтҳои асосӣ, механизмҳои татбиқ ва натиҷаҳои сиёсати «қудрати нарм»-и Олмон ҳамаҷониба ва дар робита бо равандҳои муосири муносибатҳои байналмилалӣ таҳлил карда шаванд.

Усули таърихӣ барои омӯзиши марҳилаҳои ташаккул ва рушди «қудрати нарм»-и Олмон истифода гардид. Усули муқоисавӣ барои муқоисаи самтҳо ва воситаҳои гуногуни «қудрати нарм»-и Олмон истифода мешавад. Бо ёрии он хусусиятҳои фаъолияти бунёдҳои сиёсии Олмон, DAAD, Институти Гёте, Deutsche Welle ва GIZ муқоиса гардида, нақш ва имкониятҳои ҳар як ниҳод дар татбиқи сиёсати хориҷии кишвар муайян карда мешаванд.

Натиҷаҳо. Дар натиҷаи таҳқиқи «қудрати нарм» дар муносибатҳои байналмилалии Ҷумҳурии Федеративии Олмон муайян гардид, ки ин шакли таъсиррасонӣ дар сиёсати хориҷии кишвар мавқеи муҳим ва дарозмуддат дошта, ба яке аз воситаҳои асосии таҳкими нуфузи байналмилалии Олмон табдил ёфтааст. Таҷрибаи таърихӣ ва сиёсӣ нишон медиҳад, ки маҳдудиятҳои истифодаи қудрати низомӣ пас аз Ҷанги Дуюми Ҷаҳонӣ барои рушди шаклҳои ғайрииҷбории таъсиррасонӣ замина фароҳам оварданд.

Натиҷаи дигари муҳим муайян намудани нақши маориф ва мубодилаи академӣ ҳамчун воситаи дарозмуддати таъсиррасонӣ мебошад. Фаъолияти DAAD, тавассути пешниҳоди стипендияҳо, барномаҳои мубодилавӣ ва дастгирии ҳамкориҳои байни донишгоҳҳо, ба ташаккули шабакаҳои байналмилалии илмӣ ва академӣ мусоидат мекунад. Робитаҳои ба воситаи чунин барномаҳо ба вуҷудомада метавонанд дар оянда ба рушди муносибатҳои сиёсӣ, иқтисодӣ ва илмии байни Олмон ва кишварҳои шарик таъсири мусбат расонанд. Инчунин нишон дод, ки бунёдҳои сиёсии Олмон яке аз воситаҳои муассири татбиқи «қудрати нарм» мебошанд. Фаъолияти байналмилалии Бунёди Фридрих Эберт, Бунёди Конрад Аденауэр, Бунёди Ҳанс Зайдел, Бунёди Фридрих Науманн, Бунёди Ҳенрих Бёлл ва Бунёди Роза Люксембург ба самтҳои гуногуни сиёсӣ ва иҷтимоӣ равона шуда, тавассути стипендияҳо, таҳқиқот, конфронсҳо, семинарҳо ва барномаҳои рушди демократия робитаҳои дарозмуддатро бо шарикони хориҷӣ ба вуҷуд меорад.

Муҳокима. Пеш аз ҳама, мафҳуми «қудрати нарм» дар сиёсати хориҷии Ҷумҳурии Федеративии Олмон дар давраи баъдиҷангӣ нақши калидӣ ва муайянкунанда бозидааст. Пас аз анҷоми Ҷанги Дуюми Ҷаҳонӣ, имкониятҳои Олмон барои истифодаи абзорҳои «қудрати сахт» ба таври назаррас маҳдуд гардид. Ин маҳдудиятҳо на танҳо хусусияти ҳуқуқӣ ва сиёсӣ доштанд, балки аз омилҳои таърихӣ, ахлоқӣ ва равонӣ низ бармеомаданд. Таҷрибаи манфии ҷанг ва сиёсати таҷовузкоронаи Олмони фашистӣ боис гардид, ки ҳар гуна густариши нақши низомии кишвар дар ҷомеаи байналмилалӣ бо эҳтиёткорӣ ва нигаронӣ пазируфта шавад. Дар чунин шароит, роҳбарияти Олмон барои ҳифз ва пешбурди манфиатҳои миллӣ, баланд бардоштани эътибори байналмилалӣ ва густариши нуфузи худ бештар ба истифодаи воситаҳои ғайрииҷборӣ, аз ҷумла дипломатия, ҳамкориҳои иқтисодӣ, арзишҳои демократӣ, фарҳанг ва фаъолияти созмонҳои

байналмилалӣ такя намуд. Ин равиш ба ташаккули сиёсати хориҷии Олмон ҳамчун «давлати шаҳрвандӣ» (Zivilmacht) мусоидат намуда, «қудрати нарм»-ро ба яке аз унсурҳои асосии стратегияи байналмилалии он табдил дод[8].

Дар даҳсолаҳои охир аҳамият ва нақши абзорҳои «қудрати нарм» дар муносибатҳои байналмилалӣ ба таври назаррас афзоиш ёфтааст. Олмон, ҳамчун яке аз пешрафтатарин иқтисодҳои ҷаҳон, наметавонад аз ин равандҳои байналмилалӣ дар канор бимонад ва дар таҳияву татбиқи чунин абзорҳо фаъолона иштирок менамояд. Илова бар ин, пас аз Муттаҳидшавии Олмон нақши «қудрати нарм» дар сиёсати хориҷии кишвар боз ҳам бештар гардид. Дар ин замина, усулҳои ғайрииҷборӣ ва ҳамкории ихтиёрӣ, бахусус тавассути густариши таъсири фарҳангӣ ва пешбурди арзишҳои демократӣ, ба яке аз самтҳои афзалиятноки сиёсати хориҷии Олмон табдил ёфтанд. Дар баробари ин, модели «қудрати нарм»-и Олмон ҳамчун яке аз дастовардҳои муҳими сиёсати хориҷии кишвар арзёбӣ гардида, ба унсури муҳими ҳувияти миллӣ ва байналмилалии он мубаддал шудааст. Аз ин рӯ, мафҳуми «қудрати нарм» дар суханрониҳои расмии мақомоти давлатӣ, таҳлилҳои коршиносон ва муҳокимаҳои воситаҳои ахбори омма ба таври васеъ истифода карда мешавад. Ин ҳолат нишон медиҳад, ки «қудрати нарм» на танҳо як абзори сиёсати хориҷӣ, балки ҷузъи муҳими тасаввуроти Олмон дар бораи нақш ва ҷойгоҳи худ дар низоми байналмилалии муосир ба ҳисоб меравад.

Авлавиятҳои сиёсати қудрати нарми Олмон дар ҳамаи кишварҳо, аз ҷумла кишварҳое, ки барои ин таҳқиқот интихоб шудаанд, аз таблиғи забон ва фарҳанги олмонӣ, таҳкими мавқеи байналмилалии молҳо, хизматрасониҳо, муассисаҳои таълимӣ ва ниҳодҳои давлатии кишвар, рушди мубодилаи байналмилалии академӣ, дастгирии таҳқиқоти илмӣ, тарғиби арзишҳои демократӣ дар сатҳи ҷаҳонӣ, густариши ҳамкории байналмилалии илмӣ ва технологӣ, инчунин ташкили конгрессҳо ва намоишгоҳҳои байналмилалӣ иборатанд. Афзалияти ин самтҳо аз рӯи миқёси фаъолият, хусусияти дарозмуддати сиёсати кишвар дар онҳо ва ҳаҷми маблағгузории ҷудошуда муайян карда мешавад.

Ҳадафи асосии сиёсати қудрати нарми Олмон баланд бардоштани нуфуз ва таъсири байналмилалии кишвар тавассути забон, фарҳанг, илм, муносибатҳои иқтисодӣ ва саҳмгузорӣ дар рушди байналмилалӣ мебошад. Барои ноил шудан ба ин ҳадаф, Олмон дар сатҳи федералӣ ва минтақавӣ барномаҳои гуногунро маблағгузорӣ ва амалӣ намуда, шабакаи созмонҳо ва намояндагиҳои хориҷии худро дастгирӣ ва тавсеа медиҳад[5]. Фаъолияти ин ниҳодҳо ба ташаккули имиҷи мусбати Олмон дар хориҷи кишвар ва таҳкими ҳамкориҳои байналмилалӣ дар соҳаҳои фарҳанг, маориф, илм ва тиҷорат мусоидат мекунад.

Ниҳодҳои асосии масъули таҳия ва маблағгузории сиёсати “қудрати нарми” Олмон вазоратҳое мебошанд, ки фаъолияти онҳо ба муносибатҳои байналмилалӣ, маориф, илм ва ҳамкории рушди байналмилалӣ равона шудааст. Илова бар маблағгузории давлатӣ, ин сиёсат аз ҷониби ҳукуматҳои заминҳои федералӣ, ташкилотҳои хусусӣ ва ҷамъиятӣ низ дастгирӣ мегардад. Манбаъҳои иловагии маблағгузорӣ метавонанд даромад аз хизматрасониҳои таълимӣ, грантҳо ва саҳмҳои аъзои бунёдҳоро дар бар гиранд[15].

Гарчанде ки давлат ташаббускор ва фармоишгари асосии сиёсати “қудрати нарм” ба ҳисоб меравад, иҷрои қисми зиёди барномаҳо ва лоиҳаҳо ба зиммаи ташкилотҳои ғайриҳукуматӣ вогузор мешавад. Истиқлолияти нисбии чунин созмонҳо ба онҳо имкон медиҳад, ки нисбат ба сохторҳои давлатӣ бо чандирии бештар фаъолият намуда, дар арсаи байналмилалӣ таъсири муассиртар расонанд.

Яке аз ҷузъҳои муҳими фарҳанги сиёсии Олмон низоми беназири бунёдҳои сиёсӣ мебошад, ки бо ҳизбҳои намояндагидошта дар Бундестаг робитаи зич доранд. Ин бунёдҳо на танҳо дар ҳаёти сиёсӣ ва ҷамъиятии кишвар нақши муҳим мебозанд, балки ҳамчун яке аз воситаҳои асосии татбиқи сиёсати «қудрати нарм»-и Олмон дар сатҳи байналмилалӣ низ хизмат мекунанд.

Дар айни замон дар Олмон шаш бунёди асосии сиёсӣ фаъолият доранд, ки ҳар яке бо яке аз ҳизбҳои бузурги сиёсӣ алоқаманд аст. Гарчанде ки ин бунёдҳо аз ҷиҳати ҳуқуқӣ ташкилотҳои мустақил ба ҳисоб мераванд, аъзои ҳизбҳои дахлдор одатан дар сохторҳои роҳбарикунандаи онҳо намояндагӣ мекунанд.

Ба ин бунёдҳо дохил мешаванд:

• Бунёди Фридрих Эберт (Friedrich-Ebert-Stiftung), таъсисёфта соли 1925, ки бо Ҳизби сотсиал-демократии Олмон (SPD – Sozialdemokratische Partei Deutschlands) алоқаманд мебошад;

• Бунёди Фридрих Науман (Friedrich-Naumann-Stiftung), таъсисёфта соли 1958, ки ба Ҳизби озоди демократии Олмон (FDP – Freie Demokratische Partei) наздик аст;

• Бунёди Конрад Аденауэр (Konrad-Adenauer-Stiftung), таъсисёфта соли 1964, ки бо Иттиҳоди демократҳои масеҳии Олмон (CDU – Christlich Demokratische Union Deutschlands) ҳамкорӣ мекунад;

• Бунёди Ҳанс Зайдел (Hanns-Seidel-Stiftung), таъсисёфта соли 1967, ки ба Иттиҳоди иҷтимоӣ-масеҳии Бавария (CSU – Christlich-Soziale Union in Bayern) вобаста мебошад;

• Бунёди Ҳенрих Бёлл (Heinrich-Böll-Stiftung), таъсисёфта соли 1987, ки бо ҳизби Иттиҳод 90/Сабзҳо (Bündnis 90/Die Grünen) алоқаманд аст;

• Бунёди Роза Люксембург (Rosa-Luxemburg-Stiftung), таъсисёфта соли 1992, ки ба ҳизби Чапгароён (Die Linke) наздик мебошад[14].

Ин бунёдҳо тавассути татбиқи барномаҳои таълимӣ, илмӣ, фарҳангӣ ва рушди демократия дар хориҷи кишвар ба густариши нуфузи байналмилалии Олмон мусоидат намуда, ҳамчун воситаҳои муҳими сиёсати қудрати нарми давлат амал мекунанд.

Бунёдҳои сиёсии Олмон фаъолияти худро асосан ба рушди маорифи сиёсӣ дар рӯҳияи сулҳ, озодӣ ва адолати иҷтимоӣ, инчунин дастгирии фарҳанг ва санъат равона мекунанд. Самтҳои асосии кори онҳо таҳкими арзишҳои демократӣ, мусоидат ба ҳамгироии аврупоӣ, рушди муносибатҳои трансатлантикӣ ва дастгирии ҳамкорӣ дар соҳаи рушди байналмилалӣ, бахусус дар кишварҳои рӯ ба рушд, мебошанд.

Яке аз самтҳои муҳими фаъолияти ин бунёдҳо дастгирии ҷавонони боистеъдод дар Олмон ва дигар кишварҳо тавассути пешниҳоди стипендияҳо ва грантҳо мебошад. Ин муассисаҳо на танҳо ба донишҷӯён ва муҳаққиқон кӯмаки молиявӣ мерасонанд, балки бо гирандагони собиқи стипендияҳо низ робитаҳои устувор нигоҳ дошта, шабакаҳои байналмилалии ҳамкориро ташаккул медиҳанд.

Илова бар ин, бунёдҳои сиёсӣ таҳқиқоти илмӣ ва амалӣ анҷом дода, намоишгоҳҳо, лексияҳо, конфронсҳо, мизҳои мудаввар ва дигар чорабиниҳои ҷамъиятӣ ва илмиро ташкил мекунанд. Тавассути чунин фаъолиятҳо онҳо ба мубодилаи дониш, густариши муколамаи сиёсӣ ва таҳкими ҳамкориҳои байналмилалӣ мусоидат менамоянд.

Ҳар як бунёди сиёсӣ хусусиятҳо ва самтҳои афзалиятноки худро дорад, ки аз арзишҳо ва барномаҳои ҳизби сиёсии ба он наздик бармеоянд. Масалан, Бунёди Фридрих Эберт ба масъалаҳои ҳифзи ҳуқуқи меҳнат ва рушди ҳамкорӣ байни иттифоқҳои касаба таваҷҷуҳи махсус зоҳир мекунад. Дар навбати худ, Бунёди Ҳенрих Бёлл масъалаҳои ҳифзи муҳити зист, рушди устувор ва сиёсати экологиро аз самтҳои муҳими фаъолияти худ меҳисобад, гарчанде ки он ягона бунёди сиёсие нест, ки дар ин соҳа фаъолият мекунад[8].

Бунёди Роза Люксембург аз дигар бунёдҳо бо равиши идеологӣ ва таҳқиқотии худ фарқ мекунад. Ин бунёд худро ҳамчун маркази таҳлили интиқодии капитализми муосир муаррифӣ намуда, ба омӯзиши масъалаҳои нобаробарии иҷтимоӣ, адолати иқтисодӣ ва алтернативаҳои рушди ҷомеа таваҷҷуҳи хос зоҳир менамояд.

Дар маҷмӯъ, бунёдҳои сиёсӣ яке аз воситаҳои муҳимтарини татбиқи сиёсати қудрати нарми Олмон ба ҳисоб мераванд. Тавассути барномаҳои таълимӣ, илмӣ, фарҳангӣ ва рушди демократия

онҳо ба густариши нуфузи байналмилалии кишвар ва таҳкими робитаҳои дарозмуддати сиёсӣ, иҷтимоӣ ва фарҳангӣ мусоидат мекунанд.

Фаъолияти байналмилалӣ яке аз самтҳои асосии кори бунёдҳои сиёсии Олмон ба ҳисоб меравад. Дар солҳои охир эътироф шудааст, ки ин бунёдҳо имкониятҳои худро дар соҳаи дастгирии демократия ба таври назаррас густариш дода, ҳамзамон нақши худро дар татбиқи барномаҳои рушди байналмилалӣ тақвият бахшидаанд.

Унсури дигари муҳими сиёсати қудрати нарми Олмон фаъолияти муассисаҳои махсусгардонидашуда дар соҳаҳои маориф, фарҳанг ва таблиғи забони олмонӣ мебошад. Дар байни онҳо Хадамоти мубодилаи академии Олмон (DAAD) ва Институти Гёте ҷойгоҳи махсус доранд. Ин ниҳодҳо тавассути барномаҳои таълимӣ, стипендияҳо, курсҳои забономӯзӣ ва лоиҳаҳои фарҳангӣ ба густариши нуфузи фарҳангӣ ва илмии Олмон дар ҷаҳон мусоидат мекунанд[13].

Хадамоти мубодилаи академии Олмон (DAAD) соли 1925 таъсис ёфта, имрӯз яке аз муҳимтарин ниҳодҳои татбиққунандаи сиёсати хориҷии фарҳангӣ ва илмии Олмон ба ҳисоб меравад. Ин созмони мустақил дар таҳия ва татбиқи сиёсати байналмилалии кишвар дар соҳаҳои маориф ва илм нақши машваратӣ дошта, ба рушди ҳамкориҳои академии байналмилалӣ мусоидат мекунад. Самтҳои асосии фаъолияти DAAD мубодилаи байналмилалии донишҷӯён ва олимон, дастгирии омӯзиши забони олмонӣ ва омӯзиши олмонишиносӣ дар муассисаҳои таҳсилоти олии хориҷӣ, ҳамчунин расонидани машварат ва кумак ба донишгоҳҳои хориҷӣ мебошанд.

Унсури дигари муҳими сиёсати қудрати нарми Олмон Институти Гёте мебошад, ки соли 1951 таъсис ёфтааст[14]. Ин муассисаи фарҳангӣ дар сатҳи байналмилалӣ фаъолият намуда, ҳадафи асосии он пешбурди омӯзиши забони олмонӣ дар хориҷи кишвар, рушди ҳамкориҳои фарҳангии байналмилалӣ ва муаррифии фарҳанг, ҷомеа ва ҳаёти сиёсии Олмон мебошад. Тавассути шабакаи васеи марказҳо ва намояндагиҳои худ дар кишварҳои гуногун Институти Гёте ба густариши муколамаи байнифарҳангӣ ва таҳкими робитаҳои байналмилалии Олмон мусоидат мекунад.

Маблағгузории Институти Гёте аз ду манбаи асосӣ иборат аст: даромадҳои худии ташкилот аз фаъолияти таълимӣ ва фарҳангӣ, инчунин саҳмҳои Вазорати корҳои хориҷии федералии Олмон. Ин модели маблағгузорӣ ба институт имкон медиҳад, ки фаъолияти худро дар доираи сиёсати хориҷии фарҳангии кишвар самаранок пеш барад.

Барномаҳои таълимӣ ва академии Олмон на танҳо ба рушди захираҳои инсонӣ мусоидат мекунанд, балки ҳамчун воситаи муассири қудрати нарм низ хизмат намуда, барои ташаккули робитаҳои устувори илмӣ, фарҳангӣ ва сиёсӣ байни Олмон ва дигар кишварҳо замина фароҳам меоранд.

Ҳамин тариқ, фаъолияти DAAD ва Институти Гёте аз муҳимтарин воситаҳои сиёсати қудрати нарми Олмон маҳсуб меёбад. Тавассути дастгирии ҳамкориҳои илмӣ, таълимӣ ва фарҳангӣ ин ниҳодҳо ба таҳкими нуфузи байналмилалии кишвар, густариши робитаҳои байнидавлатӣ ва ташаккули симои мусбати Олмон дар арсаи ҷаҳонӣ саҳми назаррас мегузоранд.

Яке аз муҳимтарин абзорҳои қудрати нарми Олмон дар соҳаи иттилоот ва дипломатияи ҷамъиятӣ ширкати байналмилалии расонаии Deutsche Welle (DW) мебошад. Ин муассиса соли 1953 таъсис ёфта, шабакаҳои радиоӣ, телевизионӣ ва платформаҳои интернетиро муттаҳид мекунад. Фаъолияти DW ба паҳн намудани иттилоот дар бораи Олмон ва Аврупо, муаррифии арзишҳо ва мавқеъҳои сиёсӣ, инчунин тарғиби забон ва фарҳанги олмонӣ дар сатҳи байналмилалӣ равона шудааст[15].

Дар сохтори Deutsche Welle Академияи DW ҷойгоҳи махсус дорад. Академия барномаҳои омӯзишӣ барои рӯзноманигорон, кормандони техникӣ, мутахассисони соҳаи иттилоот ва роҳбарони муассисаҳои расонаиро амалӣ мекунад. Яке аз ҳадафҳои асосии он ташкили

ҳамкориҳои дарозмуддат бо шарикони маҳаллӣ ва мусоидат ба рушди касбии мутахассисони соҳаи ВАО мебошад. Бисёре аз хатмкунандагони Академияи DW баъдан дар кишварҳои худ вазифаҳои роҳбарикунандаро ишғол мекунанд, ки ин ба густариши шабакаҳои таъсири байналмилалии Олмон мусоидат менамояд[7].

Самти дигари муҳими сиёсати қудрати нарми Олмон мусоидат ба рушди байналмилалӣ мебошад. Барои татбиқи ин вазифа дар кишвар як қатор созмонҳои махсусгардонидашуда фаъолият мекунанд, ки ҳамчун миёнарав байни давлат ва гирандагони ниҳоии кумакҳои рушд амал менамоянд. Дар байни онҳо мақоми махсусро Ҷамъияти ҳамкории байналмилалии Олмон (GIZ) ишғол мекунад.

GIZ соли 2011 дар натиҷаи муттаҳид шудани се ташкилоти бузурги рушди байналмилалӣ — Ҳамкории техникии Олмон (GTZ), Хадамоти рушди Олмон (DED) ва Ҷамъияти байналмилалии такмили ихтисос ва рушд (InWEnt) — таъсис ёфтааст. Ҳадафи ин ислоҳот баланд бардоштани самаранокии фаъолияти байналмилалӣ ва пешгирии такрори вазифаҳо байни сохторҳои гуногун буд[12].

Фаъолияти GIZ асосан аз ҷониби вазоратҳои федералии Олмон фармоиш дода мешавад. Муштариёни асосии он Вазорати федералии ҳамкории иқтисодӣ ва рушд, Вазорати корҳои хориҷӣ, Вазорати муҳити зист, ҳифзи табиат ва амнияти ҳастай, инчунин Вазорати федералии маориф ва таҳқиқот мебошанд. Илова бар ин, GIZ лоиҳаҳоро барои ҳукуматҳои заминҳои федералӣ, мақомоти маҳаллӣ ва дигар ташкилотҳои давлатӣ ва хусусӣ низ амалӣ менамояд.

Ҳамин тариқ, Deutsche Welle ва GIZ аз муҳимтарин воситаҳои қудрати нарми Олмон ба ҳисоб мераванд. Агар DW ба ташаккули имиҷи мусбати кишвар ва густариши нуфузи фарҳангӣ ва иттилоотии он мусоидат намояд, GIZ тавассути татбиқи барномаҳои рушд ва ҳамкории байналмилалӣ мавқеи Олмонро ҳамчун шарики боэътимод дар арсаи ҷаҳонӣ таҳким мебахшад[12].

Дар солҳои охир Олмон инчунин ба рушди илм, инноватсия ва густариши ҳамкориҳои илмии байналмилалӣ таваҷҷуҳи бештар зоҳир мекунад. Дар кишвар тақрибан 750 муассисаи тадқиқотии аз ҷониби давлат маблағгузоришаванда фаъолият мекунанд, инчунин марказҳои тадқиқотӣ ва рушди корхонаҳои саноатӣ, ки аксаран дар шакли шабакаҳо ва гурӯҳҳои ҳамкорӣ муттаҳид шудаанд, барои тезонидани ҷорӣ намудани маҳсулот ва технологияҳои нав[14].

Илова бар фаъолияти таълимӣ, иттилоотӣ ва иҷтимоӣ, бунёдҳои сиёсӣ баъзан бо сиёсатмадорон, намояндагони бахши хусусӣ, иттиҳодияҳои ҷамъиятӣ ва муассисаҳои илмӣ ҳамкорӣ мекунанд. Ин ҳамкорӣ асосан ба таҳкими мавқеи ҳизбҳои марбут ба ин бунёдҳо мусоидат менамояд. Яке аз роҳҳои муҳими таъсиррасонӣ истифодаи шабакаи стипендиягирандагони собиқ мебошад, ки бисёре аз онҳо баъдан дар кишварҳои худ дар соҳаҳои сиёсат, иқтисод, илм, маориф ва фарҳанг ба вазифаҳои баланд мерасанд ва ба ҳамин васила шабакаҳои дарозмуддати ҳамкориро ташаккул медиҳанд.

Ҳамин тариқ, шаш бунёди асосии сиёсӣ дар Олмон ба ҳизбҳои гуногун вобастаанд ва дар маҷмӯъ чунин намуди сохторҳоро ташкил медиҳанд:

- Бунёди Фридрих Эберт (SPD)
- Бунёди Конрад Аденауэр (CDU)
- Бунёди Ҳанс Зайдел (CSU)
- Бунёди Фридрих Науманн (FDP)
- Бунёди Ҳенрих Бёлл (Bündnis 90/Die Grünen)
- Бунёди Роза Люксембург (Die Linke)

Хулоса. Ҳамин тариқ, таҳлил нишон медиҳад, ки «қудрати нарм» дар сиёсати хориҷии Ҷумҳурии Федеративии Олмон мавқеи муҳим ва стратегӣ дошта, яке аз воситаҳои асосии таҳкими нуфузи байналмилалии кишвар ба ҳисоб меравад. Маҳдудиятҳои таърихӣ ва сиёсие, ки баъди

Ҷанги Дуюми Ҷаҳонӣ дар назди Олмон ба вуҷуд омаданд, зарурати истифодаи воситаҳои ғайрииҷбории таъсиррасониро бештар намуданд. Дар натиҷа, дипломатия, фарҳанг, маориф, илм, иқтисод, ҳамкории байналмилалӣ ва дастгирии арзишҳои демократӣ ба унсурҳои муҳими сиёсати хориҷии Олмон табдил ёфтанд. Пас аз муттаҳидшавии Олмон аҳамияти «қудрати нарм» боз ҳам афзоиш ёфта, кишвар кӯшиш намуд нуфузи байналмилалии худро на танҳо тавассути имкониятҳои иқтисодӣ, балки тавассути ҷалби эътимод, ҳамкорӣ ва ташаккули муносибатҳои дарозмуддат бо ҷомеаҳои хориҷӣ тақвият бахшад. Дар ин раванд Олмон худро ҳамчун «давлати шаҳрвандӣ» муаррифӣ намуда, ба ҳамкории бисёрҷониба, ҳалли осоиштаи масъалаҳои байналмилалӣ ва рушди институтҳои байналмилалӣ таваҷҷуҳи махсус медиҳад.

Муҳимтарин самтҳои сиёсати «қудрати нарм»-и Олмон таблиғи забон ва фарҳанги олмонӣ, рушди мубодилаи академӣ, дастгирии таҳқиқоти илмӣ, густариши ҳамкориҳои таълимӣ ва технологӣ, рушди байналмилалӣ, дастгирии арзишҳои демократӣ ва ташаккули имиҷи мусбати кишвар мебошанд. Барои татбиқи ин сиёсат на танҳо мақомоти давлатӣ, балки доираи васеи созмонҳои мустақил ва ҷамъиятӣ низ ҷалб шудаанд.

Дар байни ниҳодҳои асосии татбиққунандаи «қудрати нарм» бунёдҳои сиёсии Олмон ҷойгоҳи махсус доранд. Шаш бунёди асосӣ — Бунёди Фридрих Эберт, Бунёди Конрад Аденауэр, Бунёди Ҳанс Зайдел, Бунёди Фридрих Науманн, Бунёди Ҳенрих Бёлл ва Бунёди Роза Люксембург — бо муҳитҳои гуногуни сиёсии кишвар иртибот дошта, тавассути барномаҳои таълимӣ, таҳқиқотӣ, фарҳангӣ, стипендиявӣ ва рушди демократия робитаҳои байналмилалиро густариш медиҳанд. Хусусияти муҳими фаъолияти онҳо дар он ифода меёбад, ки бо вуҷуди робитаи зич бо ҳизбҳои сиёсӣ, онҳо ҳамчун ташкилотҳои мустақил фаъолият намуда, имкони ташкили муколама ва ҳамкориро дар сатҳи байналмилалӣ доранд[14]. Дар баробари бунёдҳои сиёсӣ, Хадамоти мубодилаи академии Олмон (DAAD) ва Институти Гёте аз воситаҳои муассири дипломатияи фарҳангӣ ва илмии кишвар ба шумор мераванд. DAAD тавассути стипендияҳо, мубодилаи донишҷӯён ва олимон ва рушди ҳамкориҳои донишгоҳӣ ба ташаккули шабакаҳои устувори академӣ мусоидат мекунад. Институти Гёте бошад, тавассути омӯзиши забони олмонӣ, барномаҳои фарҳангӣ ва муколамаи байнифарҳангӣ барои муаррифии ҷомеа ва фарҳанги Олмон дар хориҷ саҳми назаррас мегузорад.

Deutsche Welle низ ҳамчун воситаи муҳими дипломатияи ҷамъиятӣ нақши назаррас дорад. Паҳн намудани иттилоот дар бораи Олмон ва Аврупо, пешниҳоди маводи бисёрзабона ва фаъолияти Академияи DW ба густариши фазои иттилоотӣ ва фарҳангии Олмон дар ҷаҳон мусоидат менамояд. Ҳамзамон, Ҷамъияти ҳамкории байналмилалии Олмон (GIZ) тавассути татбиқи барномаҳои рушди байналмилалӣ, ҳамкории техникӣ ва иқтисодӣ, баланд бардоштани иқтидори институтсионалӣ ва дастгирии рушди устувор мавқеи Олмонро ҳамчун шарики байналмилалии боэътимод таҳким мебахшад. Аз таҳлил бармеояд, ки хусусияти асосии модели «қудрати нарм»-и Олмон дар гуногунҷанба ва шабакавӣ будани он мебошад. Давлат ҳамчун ташаббускор ва маблағгузор нақши муҳим дорад, аммо татбиқи бисёре аз барномаҳо ба зиммаи муассисаҳои нисбатан мустақил гузошта мешавад. Ин шакли ҳамкорӣ ба Олмон имкон медиҳад, ки таъсири худро тавассути эътимод, ҷалби ихтиёрӣ, мубодилаи дониш ва ташкили робитаҳои дарозмуддат амалӣ намояд[16].

Дар маҷмӯъ, «қудрати нарм» барои Олмон на танҳо воситаи расидан ба ҳадафҳои сиёсати хориҷӣ, балки ҷузъи муҳими ҳувияти байналмилалии кишвар мебошад. Самаранокии ин сиёсат пеш аз ҳама ба қобилияти Олмон дар ташкили робитаҳои дарозмуддати фарҳангӣ, илмӣ, таълимӣ, сиёсӣ ва иқтисодӣ вобаста аст. Шабакаи бунёдҳои сиёсӣ, муассисаҳои фарҳангӣ ва академӣ, воситаҳои байналмилалии иттилоотӣ ва ташкилотҳои рушди байналмилалӣ дар маҷмӯъ механизми васеи таъсиррасонии ғайрииҷбориро ташкил медиҳанд.

АДАБИЁТ

1. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (Манбаи электронӣ) URL:https://www.duh.de/patenschaften/klimaklagen/?&wc=ga_klimaschutzprogramm_260407&gad_source=1&gad_campaignid=23726657733&gbraid=0AAAAAobDfrhvkTOAfnme6i6gWR3cLZvh5&gclid=Cj0KCQjwzY7VBhDwARIsAFtPvBTRq97WR3JIp1lpbQbyLZCTksF-QBwnYfPAghtFvYsxUf083OFfoB0aAg_eEALw_wcB[санаи дархост:01.08.2026]
2. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (Манбаи электронӣ) URL:https://www.giz.de/de/newsroom/downloadcenter[санаи дархост:01.08.2026]
3. Deutsche Welle. Annual Report. – Bonn: Deutsche Welle.
4. Federal Foreign Office of Germany(Манбаи электронӣ) URL: https://www.auswaertiges-amt.de/en[санаи дархост:01.08.2026]
5. German Academic Exchange Service (DAAD) (Манбаи электронӣ) URL:https://share.google/Gb8JmMyin2BicpeUD[санаи дархост:01.08.2026]
6. Federal Foreign Office of Germany. Foreign Cultural and Educational Policy. – Berlin.
7. Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ). (Манбаи электронӣ) URL:https://www.bmz.de/en[санаи дархост:01.08.2026]
8. Friedrich-Ebert-Stiftung (Манбаи электронӣ) URL:https://www.fes.de/[санаи дархост:01.08.2026]
9. German Academic Exchange Service (DAAD). Annual Report. – Bonn: DAAD.
10. German Federal Foreign Office. Review 2014: A Fresh Look at Foreign Policy. – Berlin: Federal Foreign Office, 2014.
11. Goethe-Institut. Annual Report. – Munich: Goethe-Institut.
12. Konrad-Adenauer-Stiftung. Annual Report. – Berlin: Konrad-Adenauer-Stiftung.
13. Nye, J. S. Bound to Lead: The Changing Nature of American Power. – New York: Basic Books, 1990.
14. Nye, J. S. Soft Power: The Means to Success in World Politics. – New York: PublicAffairs, 2004.
15. Nye, J. S. The Future of Power. – New York: PublicAffairs, 2011.
16. Rosa-Luxemburg-Stiftung. Annual Report. – Berlin: Rosa-Luxemburg-Stiftung.

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-76-83

TÜRK DÜNYASI: UZAQ ORTAQ TARİXDƏN ORTAQ GƏLƏCƏYƏ

IBRAHİM ZEYNALOV
Bakı Dövlət Universitetinin Tarixfakültəsinin dekanı,professor
Baku, Azərbaycan

İLHAM MƏMMƏDOV
Bakı Dövlət Universitetinin Tarixfakültəsi, elmi işçi

Annotasiya. *Elmi məqalədə türkdilli xalqların erkən orta əsrlərdən müasir dövrümüzə qədərki ortaq milli dəyərlərindən, zəngin tarixindən və mədəniyyətindən bəhs olunur. Məqalədə, həm də xüsusi vurğulanır ki, türk xalqlarının ortaq tarixi, mədəniyyəti, dil, soykök bağlı bu xalqları birləşdirməklə, həm də onların bugünkü əlaqələrində mühüm rol oynayır. Elmi məqalədə, o da qeyd edilir ki, bu xalqları bir-birinə bağlayan oxşar, mədəni-tarixi dəyərlər: ailə dəyərləri, qonaqpərvərlik, vətəni sevmək, qəhrəmanlıq, dil və mənəvi ruh, milli bayramlar, geyimlər, musiqi, rəqslər, soykök bağları bu xalqları birləşdirməklə, həm də onların bu günkü əlaqələrinin daha da möhkəmlənməsində müstəsna rol oynayır.Türkdilli xalqların etnomədəni dəyərlərinin, dillərinin, adət-ənənələrinin, tarixinin geniş coğrafi məkanda yayılması və inkişafında mühüm rol oynayan hadisələr, tədbirlər və digər amillərdən də geniş bəhs olunur. O cümlədən məqalədə Türk Dövlətləri Təşkilatı Dövlət Başçılarının Zirvə Görüşləri və onların əhəmiyyətindən geniş danışılır. O da xüsusi vurğulanır ki, müasir reallıqda turançılıq əsasən türk dövlətləri arasında iqtisadi, mədəni və siyasi əməkdaşlıqla məhdudlaşsa da, bu ideyanın ilhamverici gücü bu gündə əhəmiyyətlidir.Türkdilli dövlətlər bu gün sülh və təhlükəsizlik kimi həssas bir məsələni müzakirə edir, beynəlxalq miqyasda öz sözünü deyə bilir.*

Açar sözlər: *türksoylu xalqlar (türkdilli xalqlar), etnomədəni dəyərlər, Türk Dövlətləri Təşkilatı, turançılıq, regional sabitlik*

ТЮРКСКИЙ МИР: ОТ ДАЛЕКОЙ ОБЩЕЙ ИСТОРИИ К ОБЩЕМУ БУДУЩЕМУ

ИБРАГИМ ЗЕЙНАЛОВ
Бакинский Государственный Университет, декан исторического факультета, профессор
Баку, Азербайджан

ИЛЬХАМ МАММЕДОВ
Бакинский Государственный Университет, научный сотрудник
Баку, Азербайджан

Аннотация. *В научной статье рассматриваются общие национальные ценности, богатая история и культура тюркоязычных народов от раннего Средневековья до наших дней. Также особо подчеркивается, что общая история, культура, язык и этнические корни тюркоязычных народов не только объединяют их, но и играют важную роль в их современных отношениях. В научной статье отмечается, что связывающие эти народы схожие культурно-исторические ценности: семейные ценности, гостеприимство, любовь к родине, героизм, язык и духовный дух, национальные праздники, одежда, музыка, танцы и родственные связи, объединяя эти народы, играют исключительную роль в дальнейшее укреплении их сегодняшних связей.*

Подробно рассматриваются события, мероприятия и другие факторы, сыгравшие важную роль в распространении и развитии этнокультурных ценностей, языков, традиций и истории тюркоязычных народов на обширном географическом пространстве.

В том числе в статье подробно рассказывается о Саммитах глав государств Организации тюркских государств и их значении. Особо подчеркивается, что хотя в современных реалиях туранизм в основном ограничивается экономическим, культурным и политическим сотрудничеством между тюркскими государствами, вдохновляющая сила этой идеи сохраняет свое значение и сегодня.

Тюркоязычные государства сегодня обсуждают такой чувствительный вопрос, как мир и безопасность, и способны заявить о себе на международной арене.

Ключевые слова: *тюркоязычные народы**,** этнокультурные ценности, организация тюркских государств**,** туранизм, региональная стабильность.*

Elmi məqalədə Türk dilli xalqların erkən orta əsrlərdən müasir dövrümüzə qədərki zəngin tarixindən bəhs edilir. Hunlardan, Göytürklərdən, Xəzərlərdən, oğuzlardan başlayaraq, Səlcuqlu, Atabəylər-Eldənizlər, Şirvanşahlar, Teymurilər, Səfəvi, Osmanlı, Türkiyə Cümhuriyyəti, müasir Mərkəzi Asiya Türk Respublikaları və Azərbaycan Respublikasına qədər uzanan böyük bir tarixi zamanda formalaşmış, zənginləşmiş, ortaq dil, tarix, mədəniyyət və s. məqalədə başlıca yer tutur.

Məqalədə elmi faktlar və mənbələr əsasında göstərilir ki, bu dövlətlər, imperiyalar Türk dünyasının müxtəlif coğrafiyalara, dünyanın müxtəlif coğrafiyalarına yayılmasına və mədəniyyətlərinin zənginləşməsinə səbəb olmuşdur. Həmçinin qeyd olunur ki, türk xalqlarının ortaq tarixi, mədəni, dil, soykök bağları bu xalqları birləşdirməklə, həm də onların bugünkü əlaqələrində mühüm rol oynayır.

Bu xalqları bir-birinə bağlayan oxşar, mədəni-tarixi dəyərlər: ailə dəyərləri, qonaqpərvərlik, vətənini sevmək, qəhrəmanlıq, dil və milli-mənəvi ruh, milli bayramlar, geyimlər, musiqi, rəqslər, soykök bağları kimi elementlər də elə türkdilli xalqları bir-birinə bağlayan amillərdir.

Novruz bayramı və İslam dini, soykök, və dil bağları kimi ortaq dəyərlər Türk dünyasının birliyini simvollaşdırır.

Ümummilli lider Heydər Əliyev qürur hissi ilə deyirdi: "Hər bir xalqın özünə, öz tarixi köklərinə, əcdadları tərəfindən yaradılmış milli dəyərlərinə bağlılığı böyük amildir. Bizim köklərimiz bir dilə, bir mənəviyyata, bir dinə bağlı olduğuna görə çox dərindir və mənəvi dəyərlərimiz tarixin bütün mərhələlərində nə qədər çətinliklərə rastlaşıbsa da, dayanmayıb inkişaf edib"[10, s.194].

Heydər Əliyev Azərbaycanın türk dünyası, xüsusilə müstəqil türk dövlətləri ilə əlaqələrinin müfəssəl proqramını vermişdir ki, buraya əsasən aşağıdakılar daxildir:

1)Azərbaycanın iqtisadi, siyasi, ictimai problemlərinin həllində türk dünyasının imkanlarından istifadə etmək;

2)türk dünyasının qüvvələrini birləşdirmək, hər hansı türk dövlətinin (xüsusilə beynəlxalq) problemlərinin həllində türk dünyasının birgə hərəkətini təmin etmək;

3) türk dünyasının beynəlxalq nüfuzunun daha da gücləndirilməsinə çalışmaq və bunun üçün hər bir müstəqil türk dövlətinin imkanlarından yararlanmaq və s.

Heydər Əliyevin türk dünyasının problemləri ilə daha ardıcıl məşğul olduğu mərhələ 1993-cü ildən, müstəqil Azərbaycan Respublikasının Prezidenti seçiləndən sonra başlayır.

İstanbulda İqtisadi Əməkdaşlıq Təşkilatının 2-ci görüşünün iştirakçılarına 5 iyul 1993-cü il tarixli müraciətində Heydər Əliyev demişdi: "İqtisadi Əməkdaşlıq Təşkilatı ölkələrinin – Türkiyəni İranın, Pakistanın, Əfqanıstanın, Qazaxıstanın, Özbəkistanın, Türkmənistanın, Qırğızıstanın, Tacikistanın, Azərbaycanın istifadə edilməmiş zəngin təbii sərvətləri, material ehtiyatları vardır." [1].

Onlardan birgə istifadə olunması əsl müsəlman intibahına çevriləcək, bütün bəşəriyyətin inkişafına töhfə verəcəkdir... Bu müraciətdə türklük düşüncəsinin ən azı üç tarixi amili əks olunur:

1) ayrı-ayrı türk dövlətlərinin müstəqilliyinin müdafiə olunması

2) türk (və ümumən müsəlman) dünyasının birliyinə çalışması;

3) həmin birliyin dünyada harmoniya yaradılmasına xidmət etməsi ideyasının müdafiəsi.

Heydər Əliyev türk birliyinin möhkəmlənib inkişaf etməsində Türkiyənin rolunu həmişə yüksək qiymətləndirmiş, Türkiyə Cümhuriyyətinin yaradıcısı Mustafa Kamal Atatürkün tarixi fəaliyyətini dönə-dönə dəyərləndirmiş, onu "İyirminci əsrin bəşəriyyətə verdiyi böyük düha"lardan saymışdır.

"Biz bir millət, iki dövlətik" ifadəsini söyləyən ümummilli lider, görkəmli tarixi şəxsiyyət Heydər Əliyev yarım əsrlik möhtəşəm fəaliyyətində və mükəmməl mənəvi-ideoloji təlimində türk dünyasında ictimai-siyasi, milli-mədəni əlaqələrin möhkəmlənməsi və inkişafına misilsiz töhfələr vermiş, həm də türk xalqlarının ortaq tarixinin və mədəniyyətinin dünəni və bu günü, zəngin milli-mənəvi dəyərləri barədə qiymətli, konseptual fikirlər söyləmişdir.

Əlbəttə, "Bir millət, iki dövlət" gerçəkliyi, hər şeydən əvvəl, Azərbaycan-Türkiyə münasibətlərinin tarixini və müasir əhəmiyyətini çox dəqiq ifadə edən, atalar sözü kimi səslənən müdrik bir aforizmdir.

Heydər Əliyevin "Bir millət, iki dövlət" kəlamı qısa vaxtda inkişaf edərək Azərbaycan-Türkiyə münasibətlərində strateji xarakterli müttəfiqliyə qədərki bütün istiqamətləri əhatə edən bir düstura çevrilmişdir.

"Bir millət, iki dövlət" düsturu Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevlə Türkiyə Cümhuriyyətinin Prezidenti Tayyib Ərdoğanın 15 iyun 2021-ci ildə işğaldan azad olunmuş Şuşa şəhərində imzaladıqları məşhur "Şuşa Bəyannaməsi" ilə dövlətlərarası münasibətlərin inkişafını tənzimləyən istiqamətləndirən beynəlxalq əhəmiyyətə malik olan diplomatik hadisə səviyyəsinə yüksəldilmişdir[3].

Türküstan və digər Mərkəzi Asiya Türk dövlətləri ilə Azərbaycanın çoxtərəfli əlaqələri, əməkdaşlığı və s. barədə Heydər Əliyevin, görünür, ilk proqram əhəmiyyətli fikirləri türk dövlətləri başçılarının İstanbulda keçirilən 2-ci zirvə toplantısında söylənmişdir.

Dahi şəxsiyyət, ulu öndər Heydər Əliyev Türkiyə və Mərkəzi Asiyanın türk respublikaları ilə qardaşlıq bağlarını (dil, soykök, adət-ənənə və s.) möhkəmlətməyi, sıx əməkdaşlığı daima prioritet saymışdır. Çünki Azərbaycan bu coğrafiyadakı strateji yerinə, güclü iqtisadi və infrastruktur imkanlarına görə Türkiyə və Mərkəzi Asiyanın türk ölkələri – Qazaxıstan, Özbəkistan, Türkmənistan, Qırğızıstan arasında əvəzolunmaz körpüdür. Ulu Öndər Heydər Əliyevin Azərbaycana rəhbərliyinin ikinci dövründə (1993-2003-cü illər) bu körpü real tərəfdaşlıq müstəvisi kimi təşəkkül tapdı və möhkəmləndi. Bütün bu ortaq dəyərlər çağdaş nəsillərin klassik ədabi-mədəni irsə, türkçülüyün formalaşmış möhtəşəm milli-mədəni ənənələrinə ehtiram ruhunda tərbiyəsində, onlara dərin vətənpərvərlik hisslərinin aşılanmasında böyük əhəmiyyətə malikdir.

Türkdilli xalqlar möhtəşəm və bəşəri dəyəri olan İpək Yolunun formalaşmasında və fəaliyyət göstərməsində böyük rol oynayıblar. Üzərindən keçən tarixi ticarət karvanları vasitəsilə İpək Yolu bu xalqların iqtisadi, ticarət və mədəni cəhətdən yaxınlaşmasına, mədəni birliyinin yaranmasına və incəsənət, musiqi, ədəbiyyat nümunələrinin bir-birinə yaxınlaşmasına və milli dəyərlərin ötürülməsinə, türk dünyasının mədəni irsinin zənginləşməsinə dərin və böyük təsir göstərmişdir.

Türkdilli xalqların etnomədəni dəyərlərinin, dillərinin, adət-ənənələrinin, tarixinin geniş coğrafi məkanda yayılması və inkişafında İpək Yolunun müstəsna yeri və rolu olmuşdur və indi də var. Bu baxımdandan, İpək Yolu bütün Türkdilli xalqların, türk dünyasının ortaq tarix, mədəni, dil, soykök dəyərləri və mirasımızdır.

Ümummilli lider, türk dünyasının dahi şəxsiyyəti Heydər Əliyev deyirdi: "Xalq bir çox xüsusiyyətləri ilə tanınır, sayılır və dünya xalqları içərisində fərqlənir. Bu xüsusiyyətlərindən ən yüksəyi, ən böyüyü mədəniyyətdir. Mədəniyyət bəşəriyyətin topladığı ən yaxşı nümunələrlə xalqları zənginləşdirir və onların mədəniyyəti bu yolla inkişaf edir"[10, s.177].

Bu baxımdan, türk xalqları zəngin tarixə, mədəniyyətə malikdir. Bu xalqların mədəniyyəti qədim zamanlarda da və indi də çox zəngin və yüksəkdir.

Ulu öndər Heydər Əliyev türkdilli xalqların ortaq mədəni dəyərlərinə yüksək qiymət verərək qeyd edirdi ki, "Ədəbiyyatımızın, incəsənətimizin, mədəniyyətimizin ən böyük və fərqləndirici

xüsusiyyətlərindən biri də odur ki, zaman-zaman istedadlı insanlar mədəniyyətimizdə yeni yollar, yeni cığırlar açırlar, yeni formalar meydana gətirirlər... Ölkələr arasında dostluq münasibətlərinin möhkəmlənməsinə mədəniyyət və elm sahəsində əlaqələrin təsiri böyükdür"[11, s.57-58].

Heydər Əliyev türk dövlətlərinin, ümumən türk dünyasının birliyinə heç zaman sadəcə etnik köklərin ümumiliyinə əsaslanan mədəni-etnoqrafik birlik kimi yox, bu birliyin siyasi perspektivlərinə xüsusi diqqət yetirmişdir. 2000-cı ildə turkdilli dövlətlərin Bakıda keçirilən VI zirvə görüşündə qəbul olunmuş, bilavasitə Heydər Əliyevin düşüncələrini əks etdirən "Bakı bəyannaməsi" hər bir maddəsi ilə bunu bir daha təsdiq edir [12].

Tarix, dil, ədəbiyyat, mədəniyyət və soykök baxımından min illərlə bir-birinə bağlı olan türk xalqları bu gün də ortaq yaddaş, dil, soykök və ideallar ətrafında birləşməkdədirlər.

"Bizim ailəmiz türk dünyasıdır" ifadəsi sadəcə romantik bir söyləm deyil, tarixi və siyasi bir reallığın bərpa olunmasına çağırışdır. Türk dünyasının birliyi ideyası, XIX ərdən etibarən siyasi-ideoloji formaya keçmiş, XX və XXI əsrdə isə konkret dövlət strategiyalarına çevrilmişdir. Bu baxımdan, türkçülük və turançılıq ideologiyası, son zamanlar türkdilli dövlət başçılarının, o cümlədən Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin fəaliyyətində yeni mərhələyə daxil olmuş və başlıca strateji xəttə çevrilmişdir.

XIX əsrin 80-ci illərində Krım-tatar ideoloqu İsmayıl bəy Qaspıralının "işdə, fikirdə, dildə birlik" ideyası türk xalqları arasında milli-mədəni əlaqələrin yaranmasında mühüm rol oynamışdır. XX əsrin əvvəllərində isə Azərbaycanda Əli bəy Hüseynzadə, Türkiyədə Ziya Gökalp bu ideyanı yaşatdılar və inkişaf etdirdilər. Bu birlik, həm də ortaq türk dili ideyasının meydana gəlməsinə səbəb oldu.

Ortaq dil məsələsi, ortaq əlifba, ortaq tarix məsələsi 1926-cı il 26 fevral — 6 martda Bakı şəhərində keçirilmiş Birinci Türkoloji Qurultay başlıca müzakirə obyektinə çevrildi [17, s.78-79]. Keçmiş Sovet İttifaqı ərazisində yaşayan türk xalqlarının tarixi, ədəbiyyatı, dili, əlifbası, etnoqrafiyası və mədəniyyəti ilə bağlı məsələləri müzakirə etmək məqsədi daşıyan bu möhtəşəm toplantıda SSRİ məkanında yaşayan türk xalqları ilə yanaşı xarici qonaqlar, alimlər, yazıçılar və maarif xadimləri iştirak etmişdi.

"Birinci Türkoloji Qurultay (1926-cı il), ortaq zəngin keçmişə və qədim irsə malik türk xalqlarının mədəni inteqrasiyasında mərhələ yaratmış müstəsna əhəmiyyətli hadisələrdəndir"[5].

Prezident İlham Əliyev tərəfindən imzalanmış Sərəncamda qeyd edilir edilir ki, "Beynəlxalq miqyaslı bu unikal elmi forumda türkologiyanın ən aktual məsələləri geniş və sistemli müzakirə obyektinə çevrilmiş, türk dünyasının dili, tarixi, etnoqrafiyası, ədəbiyyatı və mədəniyyətinin gələcəyi ilə bağlı vacib qərarlar qəbul edilmiş, latın qrafikası əsasında vahid ümumtürk əlifbasına keçilməsi xüsusi diqqət mərkəzində saxlanılmışdır"[5].

I Türkoloji Qurultayda diqqətə çatdırılan məruzələrin hər biri öz elmi yeniliyi ilə seçilirdi. Bu məruzələr təkcə elmi deyil, həm də tarixi əhəmiyyət kəsb edirdi. Məsələn, türkologiyada ilk dəfə XI əsrdə yaşamış böyük türk alimi Mahmud Kaşğaridən elmi söhbət açan professor B. Çobanzadə türk dünyasının ilk ensiklopedik lüğəti olan "Divani lüğət-it-türk"ün müddəalarından çıxış edərək, həmin dövrdən müasir dövrümüzədək, ədəbi dil təzahürlərindən bugünkü canlı dialekt və şivələrə qədər türklərin yaxınlığı, türkcələrdə anlaşmanın olması, bu yaxınlıq və anlaşmanın tarixi şərtlərindən, qanunauyğunluğundan bəhs etdi"[8, s.5].

Sovet dövründə türk xalqlarının inkişafı üçün intellektual, mədəni və siyasi paradiqmanın formalaşmasında həlledici mərhələyə çevrilən I Türkoloji Qurultayın kəsb etdiyi əhəmiyyət elmi tədbir çərçivəsinin hüdudlarını xeyli aşırdı. Müasir tarixşünaslıqda bu qurultay təkcə elmi form kimi deyil, həm də millət quruculuğu prosesləri, sovet modernləşməsi, türk xalqlarının mədəni inteqrasiyası ideyalarının mütərəqqi qarşılıqlı təsirini əks etdirən tarixi hadisə kimi qəbul edilir.

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin 22 oktyabr 2025-ci ildə imzaladığı "Birinci Türkoloji Qurultayın 100 illik yubileyinin keçirilməsi haqqında" Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin Sərəncamında qeyd edilir ki, "2026-cı il fevral ayında Bakı şəhərində Birinci Türkoloji

Qurultayın təşkilinin 100 ili tamam olur. Birinci Türkoloji Qurultay ortaq zəngin keçmişə və qədim irsə malik türk xalqlarının mədəni inteqrasiyasında mərhələ yaratmış müstəsna əhəmiyyətli hadisələrdəndir"... ən aktual məsələləri, geniş və sistemli mühazirə obyektinə çevrilmiş, türk dünyasının dili, tarixi, etnoqrafiyası, ədəbiyyatı və mədəniyyətinin gələcəyi ilə bağlı vacib qərarlar qəbul edilmiş, latın qrafikası əsasında vahid ümumtürk əlifbasına keçilməsi xüsusi diqqət mərkəzində saxlanılmışdır"[6].

Qurultay geniş əhatə dairəsi və multidisiplinar xarakteri ilə seçilirdi. İştirakçıların diqqət mərkəzində türk dillərinin inkişafı, təsnifatı və yazı islahatı ilə bağlı məsələlər, o cümlədən türk xalqlarının tarixi, etnogenezi, ədəbiyyatı və folkloru məsələləri idi.

Birinci Türkoloji Qurultay milli özünüdərkin formalaşmasında mühüm rol oynadı, türk xalqlarının tarixi və mədəniyyəti ilə bağlı məsələlərin müzakirəsi ümumbirlik və geniş mədəni məkana daha güclü mənsubiyyət hisslərini inkişaf etdirdi. Azərbaycan üçün bu təkcə milli identikliyin güclənməsi deyil, həm də türk dünyasındakı öz rolunu daha yaxşı dərk etməsi demək idi. Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin 2024-cü ildə Türk Dövlətləri Parlament Assambleyasının nümayəndə heyətini qəbul edərkən qeyd etdi: "Bizim ailəmiz Türk dünyasıdır, bizim başqa ailəmiz yoxdur. Türk dünyası böyük bir ailədir, böyük potensiala malikdir, böyük coğrafiyanı əhatə edir"[7].

Sonradan Türkoloji Qurultay iştirakçıları amansız repressiyalara məruz qaldılar. Belə ki, XX əsrin 30-cu illərində yüzdən çox qurultay iştirakçısı pantürkizm, millətçilik, əks-inqilabi fəaliyyətdə ittiham edilirdi ki, onların arasında Cəlaləddin Qorxmazov, Bəkir Çobanzadə, Əhməd Baytursunov, Salman Mümtaz, Ruhulla Axundov, Hənəfi Zeynallı, Osman Ağçöhrəli, Ayna Sultanova, Həmid Sultanov və b. var idi.

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin Birinci Türkoloji Qurultayın 100 illik yubileyinin qeyd edilməsi barədə imzaladığı sərəncam türk xalqlarının mədəni inteqrasiyasında yeni mərhələnin təməlini qoydu. 2025-ci il tarixində Qəbələdə Türk Dövlətləri Təşkilatının (TDT) Dövlət Başçıları Şurasının 12-ci Zirvə görüşündə dövlət başçısı İlham Əliyev türk xalqlarının ortaq tarixi, etnik köklərimiz, dilimizin bizi bir ailə kimi birləşdirdiyini açıqladı. Prezident İlham Əliyev Türkoloji Qurultayın tarixi əhəmiyyətini vurğulayaraq Türk Dövlətləri Təşkilatı çərçivəsində qurultayın yüzillik yubileyinin keçirilməsini təklif etdi.

"Birinci Türkoloji Qurultayın 100 illik yubileyinin keçirilməsi haqqında" Azərbaycan Respublikasının Prezidentinin Sərəncamında qeyd edildiyi kimi: "Birinci Türkoloji Qurultayda səslənən başlıca fikir və müddəaların həyata keçməsinin qarşısı az sonra bolşevik rejiminin və sovet totalitar idarə üsulunun yaratdığı maneələrə sərt formalar alırdı"[6].

2026-cı il oktyabrın 6-7-də Qəbələ şəhərində keçirilən Türk Dövlətləri Təşkilatı Dövlət Başçılarının 12-ci Zirvə Görüşünün Bəyannaməsində Birinci Türkoloji Qurultayın 100 illik yubileyinin qeyd edilməsi çağırışının öz əksini tapması bunun daha bir təzahürüdür.

Fəxr olunmalıdır ki, son 20 ildən çox bir vaxtdır Azərbaycanın milli liderinin türk dünyasının qarşılıqlı əlaqələri, yüksəlişi strategiyasını Azərbaycan Prezidenti İlham Əliyev respublikaya rəhbərlik etdiyi elə ilk aylardan uğurla davam etdirməkdədir.

Milli lider Heydər Əliyevin layiqli varisi olan İlham Əliyev Prezident kimi Türkiyəyə ilk rəsmi səfəri ərəfəsində demişdi: "Biz öz siyasətimizi müstəqil şəkildə aparmalıyıq ki, xalqlarımız, millətimiz daha da güclənsin, qüdrətlənsin, möhkəmlənsin. Bizim gücümüz də birlikdədir".

Və Ankara görüşlərində Azərbaycanın, həm də həm Türkiyənin xüsusi beynəlxalq problemlərinin həllində hər iki dövlətin başçılarının prinsipial mövqe nümayiş etdirməsi həmin "güc birliyinin siyasi reallıq olduğunu bütün dünyaya bir daha nümayiş etdirdi.

Türk dünyasının əsası Altay dağlarından başlayaraq Türküstan, Qafqaz, Anadolu və Balkanlara qədər uzanır. Yalnız mədəniyyətlərarası dialoqlar milli mədəniyyətimizi qoruyub saxlamağa imkan verir. Eyni zamanda türkdilli xalqları ortaq adət-ənənələr, ortaq mədəniyyət, tarix, dil, din və s. kimi dəyərlər

bu coğrafiyada yaşayan türkləri bir millət kimi formalaşdırmışdır. Tarixi türk dövlətləri – Hunlar, Göytürklər, Qızıl Ordu, Teymurilər, Səlcuqlar, Atabəylər (Eldənizlər), Baharlılar (Qaraqoyunlu), Bayandurlar (Ağqoyunlu), Səfəvilər və Osmanlı imperiyası və s. – bu ortaq təfəkkürün və (şüurun) təzahürləri kimi çıxış etmişlər.

Araşdırmalar və uzun illərin təcrübələr göstərir ki, mədəniyyətlərarası dialoq müasir özünəməxsusluğu qorumaq və həmçinin milli genetik dəyərləri formalaşdırmaq üçün kifayət qədər coğrafi zəmin yaradır. Ümumdünya coğrafiyasında böyük yer tutan qədim türk dünyasını landşaft məkanı olaraq Böyük Çöl birləşdirir [9].

XIX əsrdə başlayan milli oyanış dövrü türklərin müstəmləkəçilik və imperiyalar çərçivəsində sıxışdırılmasına qarşı bir etiraz idi. Azərbaycanda Əli bəy Hüseynzadə, Əhməd bəy Ağaoğlu, Türkiyədə Ziya Gökalp və başqaları tərəfindən irəli sürülən türklük düşüncəsi, sonradan bütün türk xalqlarının mənəvi və siyasi birliyi ideyasını gündəmə gətirdi. Türkçülük ideologiyasının formalaşmasına səbəb oldu.

Türkçülük ideologiyası, əsasən, eyni dilə, dinə, mədəniyyətə, tarixə, soykökə və mənəvi dəyərlərə malik olan türk xalqlarının bir araya gəlməsi ideyasını daşıyır. Ziya Gökalp bu ideyanı "millət olmaq" formasında ifadə edirdi — təkcə etnik kimlik üzərində deyil, mədəni və mənəvi bağlarla birləşmiş bir vəhdət.

Türkçülük, xüsusilə sovet və çar müstəmləkəçiliyi dövründə assimilyasiya siyasətinə qarşı bir ideoloji dirəniş forması almışdır.

Turançılıq isə daha geniş miqyaslı bir layihə kimi ortaya çıxmış, Altay mədəniyyətindən gələn bütün xalqların — türklərin, fin-uqorların, monqolların — birgə əməkdaşlığını nəzərdə tutmuşdur.

Müasir reallıqda turançılıq əsasən türk dövlətləri arasında iqtisadi, mədəni və siyasi əməkdaşlıqla məhdudlaşsa da, bu ideyanın ilhamverici gücü bu gün də aktivdir. Türkdilli Dövlətlərin Təşkilatının qurulması, türk dilli ölkələr arasında iqtisadi və mədəni əlaqələrin dərinləşməsi, ortaq mədəni layihələrin həyata keçirilməsi, vahid informasiya platformalarının yaradılması bu ideologiyanın praktikaya keçmiş formalarıdır [15].

Türk dövlət başçılarının zirvə görüşləri

Türk dünyasını qlobal gücə və gələcəyə doğru aparan ilk addım 3 oktyabr 2009-cu il tarixində Naxçıvanda keçirilmiş Zirvə Görüşündə əsası qoyulan Türk Dövlətləri Təşkilatının yaradılması ilə atıldı. Türk Dövlətləri Təşkilatı Naxçıvan Zirvə Görüşündə Azərbaycan, Türkiyə, Qazaxıstan və Qırğızıstan kimi dövlətlərin iştirakı ilə yarandı.

Dörd təsisçi ölkələrdən biri olan Azərbaycan yarandığı ilk tarixdən etibarən bu təşkilatın ən fəal üzvlərindən biridir.

Dövlət başçılarının zirvə görüşləri — Zirvələr prosesi 1992-ci ildə ilk tarixi Asiya Türk Cümhuriyyətləri müstəqillik əldə etdikdən sonra başlamış və 2010-cu ilə qədər davam etmişdir. Bu zaman kəsiyində Türk Dövlətləri Təşkilatının (Türk Şurası) xələfi yaradılmışdır. Proses Türkiyə, Özbəkistan, Azərbaycan, Qazaxıstan, Türkmənistan və Qırğızıstan prezidentləri arasında keçirilən 10 Zirvə görüşünü əhatə edir.

1994-cü il Zirvə görüşü İstanbulda Türkiyə prezidenti Süleyman Dəmirəlin sahibliyi ilə keçirilmiş və görüşdə Azərbaycan prezidenti Heydər Əliyev, Qazaxıstan prezidenti Nursultan Nazarbayev, Qırğızıstan prezidenti Əsgər Akayev, Özbəkistan prezidenti İslam Kərimov və Türkmənistan prezidenti Saparmurad Niyazov iştirak etmişdir.

2-3 oktyabr 2009-cu ildə isə bu dövlətlərin Zirvə görüşü Naxçıvanda Azərbaycan prezidenti İlham Əliyevin ev sahibliyi ilə keçirilmişdir [13].

Türk dövlət başçılarının növbəti Zirvə görüşü 2010-cu ildə 15-16 sentyabr tarixində İstanbulda, Türkiyə Prezidenti Abdullah Gülün ev sahibliyi ilə keçirilmişdir [2].

Türk Dövlətləri Təşkilatının yaranmasından sonra 2011-ci ildə (20-21 oktyabr) Almatıda, 2012-ci ildə (22-23 avqust) Bişkekdə, 2013-cü ildə (15-16 avqust) Qəbələdə, 2014-cü ildə (5 iyun) Bodrumda, 2015-ci ildə (11 noyabr) Astanada, 2018-ci ildə (3 sentyabr) Çolpon-Atada, 2019-cu ildə (15 oktyabr) Bakıda, 2021-ci ildə (12 noyabr) İstanbulda, 2022-ci ildə (11 noyabr) Səmərqənddə, 2023-cü ildə (mart) Ankarada olmaqla iki fövqəladə Zirvə görüşü keçirilmişdir.

2024-cü il iyulunda Şuşada və nəhayət, 11-ci TDT Zirvəsi 2024-cü ilin noyabrında Bişkekdə keçirilmişdir. Bu Zirvə Türk dünyasının gücləndirilməsi: İqtisadi inteqrasiya, davamlı inkişaf, rəqəmsal gələcək və hamı üçün təhlükəsizlik mövzusu ilə keçirilmişdir [14].

Türk Dövlətləri Təşkilatının növbəti Zirvə görüşü Azərbaycanın Qəbələ şəhərində keçirildi [16]. Qəbələdə keçirilən Zirvə görüşündə "Regional sülh və təhlükəsizlik" mövzusu müzakirə obyekti olmuşdur. Qəbələdə keçirilən XII Zirvə Görüşündə türk coğrafiyasının gələcək onilliklərdəki geosiyasi trayektoriyasının müəyyənləşdirilməsi başlıca mövzu olmuşdur. Bu Zirvə Görüşü sadəcə diplomatik protokol və bəyanatlar toplantısı deyil, Türk dünyasının öz daxilində inteqrasiya səviyyəsini yoxlayan ciddi siyasi hadisə idi.

Azərbaycanın ev sahibliyi etdiyi Qəbələ Zirvə Görüşü ölkəmizin diplomatik gücünün təzahürünə çevrildi və TDT məkanında lider ölkələrdən biri kimi nüfuzunu daha da möhkəmləndirir. Prezident İlham Əliyevin son illərdə Türk Dövlətləri Birliyinin siyasi gücə çevrilməsi istiqamətində atdığı addımlar artıq böyük nəticələr verir.

Qəbələ Zirvə Görüşündə qəbul edilən qərarlar TDT-nin yalnız ideoloji birlik olmadığını, həm də real güc mərkəzinə çevrilməsi istiqamətində ciddi addım hesab etmək olar [4].

Qəbələ Zirvə görüşünün mühüm əhəmiyyəti, həm də ondan ibarətdir ki, Türk dünyası ilk dəfə sülh və təhlükəsizlik kimi həssas bir məsələni müzakirə etmişdir. Nəticə olaraq qeyd etmək olar ki, Türk Dövlətlərinin Birliyi artıq bir hadisə deyil, bu birlik XXI əsrin yeni geosiyasi arxitekturasıdır. Qəbələ Zirvə Görüşündə bu arxitekturanın təməli qoyuldu.

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyev Sərəncamda qeyd edir ki, Birinci Türkoloji Qurultayın vaxtilə irəli sürdüyü bir çox ideyalar müasir şəraitdə uğurla gerçəkləşdirilir. Türk dünyasının yenidən vahid ailə şəklində formalaşması istiqamətində diqqətəlayiq nailiyyətlər qazanılmışdır. Türk ölkələri arasında qardaşlıq ruhu ilə müttəfiqlik münasibətlərinin möhkəmləndirilməsi və qarşılıqlı mədəni əməkdaşlıq əlaqələrinin dərinləşməsinə doğru qətiyyətlə atılan addımlar artıq davamlı xarakter daşımaqdadır.

ƏDƏBIYYAT SIYAHISI:

1. “Azərbaycan” qəzeti, 6 iyul 1993-cü il.
2. “Azərbaycan” qəzeti, 17 sentyabr 2010-cu il.
3. “Azərbaycan” qəzeti, 16 iyun 2021-ci il.
4. Bakı, 6 oktyabr AZƏRTAC.
5. Birinci Türkoloji Qurultayın 100 illik yubileyinin keçirilməsi haqqında Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı. Bakı şəhəri, 22 oktyabr 2025-ci il.
6. "Birinci Türkoloji Qurultayın 100 illik yubileyinin keçirilməsi haqqında" AR Prezidentinin Sərəncamı — https://president.az/az/articles/view/70396
7. Əliyev İ. H. İlham Əliyev TÜRKPA-nın nümayəndə heyətini qəbul edib — https://president.az/az/articles/view/66200
8. Hacıyev T. I Türkoloji Qurultayda Bəkir Çobanzadənin fəaliyyəti. "Bəkir Çobanzadə və türkologiyanın müasir problemləri" mövzusunda Respublika elmi konfransının materialları (31 may 2013-cü il). Bakı, 2013, Səh. 5.
9. Haqverdiyev H.T. Qədim türk dünyasının ortaq dəyərlərinin coğrafiyası. "Respublika" qəzeti, 09 oktyabr 2018-ci il.
10. Heydər Əliyev: Dövlət xalq üçündür (kəlamlar, sitatlar, aforizmlər). Bakı – "Adiloğlu" nəşriyyatı, 2008, s.177.
11. Heydər Əliyev. Müstəqillik yolu. Seçilmiş fikirlər. – Bakı: "Azərbaycan Universiteti" nəşriyyatı, 1997, s.57-58.
12. “Respublika” qəzeti, 9 aprel 2000-ci il.
13. “Respublika” qəzeti, 4 oktyabr 2009-cu il.
14. "Respublika" qəzeti, 7 noyabr 2024-cü il.
15. "Xalq" qəzeti, 4 oktyabr 2009-cu il.
16. "Xalq" qəzeti, 8 oktyabr 2025-ci il.
17. Zeynalov İ. X. Birinci Türkoloji Qurultayın Azərbaycan tarixində rolu. I Türkoloji Qurultayın 100 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfransın materialları. Bakı — 29-30 iyun 2026-cı il. Bakı Dövlət Universiteti nəşriyyatı, 2026-cı il s. 78-79.

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-84-88

QURIGAN OROL DENGIZI YERLARINING AGROFIZIK XUSUSIYATLARINI O‘RGANISH

MAMBETOVA GULZIRA
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq Davlat universiteti
Biologiya fakulteti Ekologiya ham Topiraqtaniw kafedrasi Magistri

Abstract. *This article analyzes the agrophysical characteristics of new lands forming on the dried bed of the Aral Sea, the natural and anthropogenic factors influencing their formation, and the possibilities of their use in agriculture. During the study, attention was paid to the main agrophysical indicators of the dried bed soils of the Aral Sea, such as mechanical composition, volume and specific density, porosity, moisture capacity, structural state, water-physical properties, and salinity. It has been shown that soil formation processes on the dried seabed are closely linked to climate aridity, high evaporation, wind erosion, salt redistribution, and the development of vegetation cover.*

Key words: *Aral Sea, Aral Sea region, dried Aral bottom, soil, agrophysical product, soil moisture, mechanical composition, soil density, porosity, water-physical production, salinization, soil degradation, wind erosion, soil fertility, environmental monitoring.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada qurigan Orol dengizi tubida shakllanayotgan yangi yerlarning agrofizik xususiyatlari, ularning shakllanishiga ta’sir etuvchi tabiiy va antropogen omillar hamda qishloq xo‘jaligida foydalanish imkoniyatlari tahlil qilingan. Tadqiqot davomida Orol dengizining qurigan tubi tuproqlarining mexanik tarkibi, hajmiy va solishtirma zichligi, g‘ovakligi, namlik sig‘imi, strukturaviy holati, suv-fizik xususiyatlari hamda sho‘rlanish darajasi kabi asosiy agrofizik ko‘rsatkichlariga e’tibor qaratilgan. Qurigan dengiz tubida tuproq hosil bo‘lish jarayonlari iqlimning qurg‘oqchilligi, yuqori bug‘lanish, shamol eroziyasi, tuzlarning qayta taqsimlanishi va o‘simlik qoplamining rivojlanishi bilan chambarchas bog‘liqligi ko‘rsatib berilgan.*

Kalit so'zlar: *Orol dengizi, Orolbo'yi, qurgan Orol tubi, tuproq, agrofizik mahsulot, tuproq namligi, mexanik tarkib, tuproq zichligi, g'ovaklik, suv-fizik ishlab chiqarish, sho'rlanish, tuproq degradatsiyasi, shamol eroziyasi, tuproq unumdorligi, ekologik monitoring.*

Mavzuning dolzarbligi. Insoniyat tomonidan Amudaryo va Sirdaryo suvining tartibsiz burilishi natijasida 1960-yildan boshlab Orol dengiziga oqar suvning kamayishi natijasida 2080-yillarga yetib oqar suv kelishi butunlay to‘xtab qoldi. Bunday sharoitning vujudga kelishi natijasida Orol dengizi suvi qurib, suvsizlikka uchragan va cho‘l yerlar paydo bo‘ldi. Bu cho‘l hududlaridan tuzli chang ko‘tarilib, noqulay ekologik sharoit yaratdi. Bu noqulay ekologik sharoitni shakllantirish maqsadida saksovul va har xil golifit o‘simliklari ekilmoqda. Bu ekilgan ekinlarning Orol dengizi qurigan yerlarga ta’sirini o‘rganish uchun tuproqning agrofizik xususiyatlarini aniqlash bilan cho‘l o‘simliklarining ta’sirini aniqlash dolzarb hisoblanadi.

Tadqiqot ishining maqsadi: Qurigan Orol dengizi yerlarining agrofizik xususiyatlarini o‘rganish asosiy maqsadimiz hisoblanadi.

Tadqiqot ishining vazifasi:

❖ Orol dengizining qurigan joylarining agrofizik xususiyatlarini o‘rganish.

❖ Bu yerlarga sho‘rga va cho‘lga chidamli ekinlardan (saksovul, qorabaroq, baliqko‘z) ekish bilan u o‘simliklarning tuproqning agrofizik xususiyatlariga ta’sirini o‘rganish.

Tadqiqot obyekti. Orol dengizining qurigan yerlari bo‘lib, saksovul, golifit o‘simliklari ekilgan yerlari olingan.

Tadqiqot predmeti. Yangi paydo bo‘lgan yerlarning mexanik tarkibi, hajmi, solishtirma og‘irligi, g‘ovakligi va boshqa agrofizik xususiyatlari hisoblanadi.

Tadqiqot usullari. Tadqiqotlarda tuproqning mexanik tarkibi N.G.Kachinskiy usulida, hajmiy og‘irligi silindr usulida, solishtirma og‘irligi piknometr usulida, tuproqning makro, mikroagregati P.V.Pavlov usulida, tuproqning suv sig‘imi S.N.Rijov usulida, maksimal gigroskopik, o‘simlikning shu namligi va tuproqning sho‘rlanish sho‘rlanish xususiyati Tuproqshunoslik ilmiy tadqiqot institutining "Metodi agroximicheskix, agrofizicheskix i mikrobiologicheskix issledovaniy v polivnix rayonax" usullari asosida aniqlandi va o‘tkazildi. Olingan ma’lumotlar

Tadqiqot natijalarining ilmiy jihatdan yangiligi.

Orol dengizining qurigan hududlarining agrofizik xususiyatlari ilk bor o‘rganilmoqda.

- Bu yerlarning suv rejimi aniqlandi.
- Orol dengizining qurigan hududlari tuz rejimi ilk bor o‘rganilmoqda.
- Cho‘lga aylangan yerlarda yetishtirilgan suvsizlikka chidamli o‘simliklarning tuproqqa ta’siri aniqlanmoqda.

Ko‘p yillik tajribalarning birlashtirilgan ma’lumotlari asosida 9 ta gidromodul tumanga taqsimlanib, yer osti suvi yuzasi, maydalangan toshli qatlamli, uncha qalin bo‘lmagan tuproqlarda (I va II gidromodul Tumanlar) sug‘orish soni va mavsumiy sug‘orish me’yorlari 15%ga ko‘paytirildi, sug‘orish me’yorlari esa ancha kamaytirildi, sug‘orish sonlari esa ko‘paytirildi.

Quyi Amudaryo vohasi cho‘l mintaqasi tuproqlari bo‘yicha faqat V, VII, IIV, VIII, IX gidromodul Rayonlarga ajratilib, mavsumiy sug‘orish me’yorlari gektariga 4000-5600 m^3 va sug‘orish soni 3-6 martadan oshmasligi talab etilgan (1. 2-jadval). Suv o‘zining og‘irligi va yerning gravitatsion kuchi ta’sirida yuqoridan pastga tomon yerning suv yetib borgan qatlamiga yetguncha harakatlanadi. Suvning harakati tuproqning mexanik tarkibiga, yer osti suvining chuqurligiga bog‘liq bo‘ladi. Tuproq tarkibidagi suv turli bug‘langan va erkin holatda bo‘ladi. Bug‘langan suv, bug‘simon suv va bug‘li suvga mansub bo‘lib, bulardan o‘simliklar foydalana olmaydi. Tuproqda kapillyar suvli qatlamining asosiy qismini hosil qilib, o‘simlik, asosan, ana shu holatda suvni o‘zlashtiradi. Lekin tuproqda barcha suv miqdorlaridan o‘simliklar to‘liq foydalanmaydi. Lekin tuproqda tuz miqdori ko‘p bo‘lsa, uning suv tutish kuchi ortadi. S. N. Rijov va N. F. Bespalovlarning [90] ma’lumotlari bo‘yicha suv ushlash kuchi tuproqning mexanik tarkibiga ham bog‘liq. Yengil qumoq va qumloq tuproqlar, og‘ir qumoq, cholg‘u asboblari tuproqlariga nisbatan suvni kamroq tutib turadi. Akademik N.Ya.Maksimov ma’lumotlariga ko‘ra o‘simliklar namligini alohida tartibga soluvchi mexanizm mavjud, tuproq eritmasi konsentratsiyasi qanchalik yuqori bo‘lsa, o‘simlik tanasida eritma konsentratsiyasi ham juda yuqori bo‘lib, cheklangan me’yorlarda ta’sir etadi. Tuproq eritmasi konsentratsiyasi yuqori bo‘lgan kuchli sho‘rlangan tuproqlarda esa hosildorlik keskin pasayadi. Shunday ekan, ana shu kuchni kamaytirish uchun qandaydir namlik va sho‘rsizlantirish sharoitini yaratish, masalan tuproqlardagi namlik va sho‘rlanishning chegaralangan darajasini hosil qilish zarur .

Akademik S. N. Rijovning aniqlashicha normal hayot sharoitida o‘simliklar oziq elementlarini susaytiruvchi eritmalardan 1-2 atmosfera osmotik bosim bilan oladi. B.S.Mambetnazarov Shakar usuli bilan tuproqning suv berish xususiyatini laboratoriya sharoitida o‘rganganda, tuproq namligi va o‘simlikning foydalanishi bo‘yicha ikki nuqta bo‘yicha ajralib turar ekan. Tuproq namligining birinchi nuqtasi pastki nam sig‘imiga to‘g‘ri keladi va tuproqning mexanik tarkibiga bog‘liq holda 17-26% ni tashkil etadi. Tuproq namligining ikkinchi nuqtasi A. A. Rode [89] bo‘yicha kapillyar naychalarda namlikning uzilishi yoki S. N. Rijovning ta’rifi bo‘yicha cheklangan dala nam sig‘imi hisoblanadi. Bu namlik sho‘rlanmagan tuproqlarda 12,7 dan 18,4% bo‘lib, tuproq namligi SHIG‘ ga nisbatan 70-72% ga teng, sho‘rlangan tuproqlarda 14,9-20,9% bo‘lib, tuproq namligi SHIG‘ ga nisbatan 80,9-82,1% ga teng bo‘ladi. Tuproqning to‘liq nam sig‘imidan pastki cheklangan dala nam sig‘imigacha namlikdan o‘simlik yaxshi foydalanadi. S. N. Rijov, N. F. Bespalovlarning sho‘rlanishga moyil yerlarda namlikning quyi chegarasi SHAIS (cheklangan dala nam sig‘imi) ga nisbatan 75-80% qabul qilingan, shu bilan birga mavsumiy sug‘orish normasi sho‘rlanmagan yerlarga nisbatan 20 -30% ko‘p bo‘lishi kerakligi aytilgan. Ularning ma’lumotlariga ko‘ra yarim gidromorf va gidromorf tuproqlarda sug‘orishdan oldingi

tuproq namligining quyi chegarasi gullashgacha va gullash-hosil to‘plash davrida ITS ga nisbatan 80% bo‘lishi, hosilning pishish fazasi - davrida esa 60% bo‘lishi tasdiqlaydi. S. N. Rijov va N. F. Bespalov [90] larning ma’lumotlari bo‘yicha yer osti suv yuzasi yaqin joylashgan o‘tloq tuproqlarning namlanish chuqurligi yer osti suvi orqali atalgan chegara (kapillyar qirg‘og‘i) dan oshmasligi kerakligi aniqlangan.

B.Xakimov ma’lumotlariga ko‘ra yomg‘irlatib sug‘orish usuli tuproq sho‘rlanishining oldini olishi yoki kamaytirishi mumkin, bu esa o‘z navbatida yerga ishlov berish xarajatlarini ham 2,0-2,5 barobar kamaytiradi. Bundan tashqari, sug‘orish jarayonida 40 foizgacha suvni tejashga olib kelishi aniqlangan.

Akademik A.E.Avliyoqulovning ilmiy-tadqiqotlari asosida dala tuprog‘ining eng ko‘p nam saqlashi dehqonchilik turlariga (asosiy, takroriy), tuproq-tip turlariga (yengil, o‘rtacha, og‘ir-soz botqoqli), tuproq sho‘rlanishi (kam, o‘rtacha, kuchli) ga, yer osti suvi yuzasi (3,0 m va undan chuqur, 2-3 m, 0,5-2,0 m gacha) joylashishiga bog‘liq. Dalalarning nam sig‘imi CHDNSga nisbatan 60 -80% bo‘lganda tuproqdagi sug‘orish oldi namlik miqdori dehqonchilik turlari hayoti uchun eng maqbul tushishi hisoblanishi aytib o‘tilgan.

Germaniyaning Bonn universiteti olimlari tomonidan Orolbo‘yi mamlakatlarida sug‘orish suvini samarali taqsimlash va suvni tejashni modellashtirish bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlarda qishloq xo‘jaligida suvga bo‘lgan talab ortib borayotganligi va bunda Orolbo‘yi mamlakatlari o‘rtasida suv tanqisligi muammosining asosiy keltirib chiqaruvchi sabablari energiya ishlab chiqarish va ekologik tizimlar o‘zgarishi ekanligi aytib o‘tilgan. Orolbo‘yi davlatlari o‘rtasida suv taqsimotidagi salbiy muammolar asosan quyi hududda joylashgan davlatlar hududida, ayniqsa Xorazm viloyatida yaqqol namoyon bo‘lishi aytib o‘tilgan. Bunda suv tanqisligi yillarida suvga bo‘lgan talabi yuqori bo‘lgan paxta, bug‘doy, sholi (18, 4, 18, 4, 36, 3 m^3/USD) ekinlariga qaraganda suv kam talab qiladigan (9, 1 m^3/USD) poliz ekinlari ekinlariga e’tibor qaratish lozimligi aytilgan.

Ushbu ma’lumotlar asosida yer osti suvi sathi, tuproqning sho‘rlanishi, qatlamlanishi va tuproqning suv xususiyatlari, yer osti suvi kapillyarlar yordamida asosan tuproqning sug‘orish oldi hisobiy qatlamlarini aniqlashga imkoniyat yaratildi. Fiziologik faol tarmoqlangan ildizlarning eng ko‘p to‘plangan (ildiz tarqaladigan) tuproq qatlami uning faol qatlami deb qabul qilinadi va sug‘orish me’yorlari shunga qarab hisoblanadi.

Yer osti suvi sathi 3m va undan chuqur joylashgan tuproqlarda yer osti suvining tuproqda kapillyarlar orqali ko‘tarilishi, o‘simlik ildizining faol qatlamiga yetib bormasligi, shunga ko‘ra avtomorf tuproqlarda sug‘orish me’yorlarini belgilash uchun tuproqning mexanik tarkibiga bog‘liq hisobiy qatlam o‘simlik gullashgacha 0-70 sm va gullash hosil to‘plash davrida 0-100 sm hamda pishish davrida 0-70 sm qilib belgilanadi.

O‘simlikni sug‘orish bilan yarim gidromorf va gidromorf tuproqlardagi makroagregatlarning yuvilishini o‘rganganimizda amal davri sug‘orish miqdoriga bog‘liq bo‘lib, 600-800 m3/ga miqdorda sug‘organimizda makroagregatlar miqdoriga unchalik ta’sir qilmaydi, agar davriy sug‘orish miqdori 1000-1100 m^3/ga bo‘lganda suvda yuvilishga chidamli tuproq zarrachalarining miqdori kamayganligidan dalolat beradi (1-jadval).

Avtomorf, yarim gidromorf va gidromorf tuproqlarning suv va fizik xususiyatlarini o‘rganganimizda o‘ziga xos fizik xususiyatlarga ega ekanligi ma’lum bo‘ldi. Bu tuproqlarning joylashuvi qatlamli bo‘lib, faqat surim qatlami bir xil taxlangan.

1-jadval.

Saksovul ekilmagan va ekilgan yerlarning makro va mikroagregatlar miqdorining o‘zgarishi, (2025-2026)

Tuproq tipleri	**Tuproq qatlami, sm**	**Tuproq zarrachalari, mm, %**			**Suvda erishga chidamli 3-0,25 mm, zarrachalar miqdori, %.**
		3-1	**1-0,25**	**<0,25**	
Saksovul ekilmagan yerlar	0-30	0,09	2,87	97,04	2,96

Saksovul ekilgan yerlar	0-30	0,10	2,93	96,97	3,03

Avtomorf tuproqlarning fizik xususiyatlari, solishtirma og‘irligi, hajmiy og‘irligi va g‘ovakligi o‘rganilayotgan boshqa tuproqlarga nisbatan yaxshi ekanligi ma’lum bo‘ldi. Birinchi sug‘orishdan keyin va kuzda hajm og‘irligi ortib tuproqning zichligining ortishiga olib keldi (2-jadval).

2-jadval.

Orol dengizi qurigan joylarining fizik xususiyatlari

Tuproq qatlami, sm	**Solishtirma og‘irligi, g/sm^3**	**Kolemm og‘irligi, g/sm^3**	**G‘ovakligi, %.**	**Hajm og‘irligi, g/sm^3**	
	Saksovul ekilmagan yerlar, 2025 yil			**Saksovul ekilgan yerlar 2025 yil**	
0-10	1,70	1,40	40,1	1,44	1,45
10-20	1,70	1,40	39,7	1,43	1,45
20-30	1,72	1,42	41,8	1,44	1,45
30-40	1,70	1,40	39,6	1,42	1,44
40-50	1,68	1,36	39,6	1,38	1,40
50-60	1,68	1,38	38,7	1,38	1,39
60-70	1,69	1,39	38,9	1,40	1,40
70-80	1,70	1,40	40,1	1,40	1,41
80-90	1,66	1,36	39,6	1,40	1,41
90-100	1,68	1,36	39,0	1,38	1,40
0-30	1,70	1,40	39,8	1,43	1,45
0-70	1,69	1,39	39,6	1,41	1,42
0-100	1,69	1,38	39,9	1,40	1,41

Xulosa. O‘tkazilgan tadqiqotlar va tahlillar asosida qurigan Orol dengizi tubida shakllanayotgan tuproq qoplamining agrofizik xususiyatlari hududning tabiiy-iqlimiy sharoiti, gidrologik rejimning o‘zgarishi, yuqori bug‘lanish, shamol faoliyati hamda tuzlarning qayta taqsimlanishi bilan chambarchas bog‘liqligi aniqlandi. Orol dengizining qurishi natijasida yangi quruqlik maydonlarining vujudga kelishi tuproq hosil bo‘lish jarayonlarining o‘ziga xos yo‘nalishda kechishiga sabab bo‘lmoqda. Qurigan Orol tubi tuproqlarining agrofizik holatini baholashda mexanik tarkib, tuproq zichligi, g‘ovakligi, namligi, strukturaviy holati va suv-fizik xususiyatlari asosiy ko‘rsatkichlar sifatida namoyon bo‘ladi. Mazkur ko‘rsatkichlarning o‘zgarishi tuproqning suvni ushlab turish, namlikni saqlash va o‘simliklar uchun qulay muhit yaratish imkoniyatlarini belgilaydi. Hududning qurg‘oqchil iqlimi va bug‘lanishning yuqoriligi tuproq namligining tez kamayishiga, tuzlarning tuproqning yuqori qatlamlarida to‘planishiga hamda tuproqning fizik holati yomonlashishiga olib kelishi mumkin.

FOYDANILGAN A'DABIYOTLAR RO'YXATI

1. Oralkhan, S., Yakhshimurad, K., Medetbay, O., & Mamanbek, R. (2020). Modeling of Temperature Mode of the Soil. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, *24*(4), 6057-6068.
2. Jaksibaev, R., Gabbarov, S., Abdurahmanov, I., Sultashova, O., & Khafizova, Z. (2023, May). Vegetation monitoring in the South Aral Sea region by remote sensing and GIS. In E3S Web of Conferences (Vol. 386, p. 01001). EDP Sciences.
3. Reimov, M., Mamutov, N., Reymov, P., Statov, V., Khudaybergenov, Y., Sultashova, O., & Tleumuratova, B. (2023, May). Some issues of geoinformatics support for agroclimatic zoning in the South Aral Sea basin. In E3S Web of Conferences (Vol. 386, p. 06009). EDP Sciences.
4. Султашова, О. Г., Жумамбетов, А. К., Худайбергенов, Я. Г., & Палымова, А. М. (2016). Моделирование температурного режима почвы. Ученый XXI века, (5-4 (18)), 30-34.
5. Султашова О. Г., Утеулиев М. О., Рахимбаев О. Д. Роль метеорологических и агрометеорологических прогнозов в шелководстве //Символ науки. – 2018. – №. 6. – С. 35-36.
6. Гаипов Б. С., Султашова О. Г. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ НА ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА В ПЕРИОД ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА //СЕМИНАР—КРУГЛЫЙ СТОЛ 6. ПРИЁМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ И ОХРАНА ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ. – С. 314.
7. Perdebaeva I. B., Sultashova O. G., Bekbanov A. J. OROLBOYI EKOLOGIK INQIROZI TASIRIDA YUZAGA KELGAN TEXNOGEN CHO 'L TUPROQLARINING FIZIK-MEXANIK XUSUSIYATLARINI ORGANISH //Conferences. – 2026. – Т. 2. – №. 3. – С. 463-467.
8. Sultashova, O. G., Utemuratov, S., Ubaydullaev, K. D., Abdullaev, T., & Abdullaeva, P. (2022). TO STUDY THE EFFECT OF THERMAL RESOURCES ON CROP PRODUCTIVITY IN AGRICULTURAL SYSTEMS. Экономика и социум, (4-1 (95)), 171-175.
9. Абдуллаев А. К., Султашова О. Г. Тепловой режим и многолетние значения температуры почвы на различных глубинах по территории Узбекистана //Ташкент. НИГМИ. – 2008.

УДК 621.396.93
DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-89-91

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО СПОСОБА УЛУЧШЕНИЯ ПОКРЫТИЯ СЕТЕЙ СОТОВОЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ПРИ БОЛЬШИХ РАССТОЯНИЯХ МЕЖДУ БАЗОВЫМИ СТАНЦИЯМИ

ЖУМАБАЕВ ТИМУР КОКЕНОВИЧ
Магистрант Казахского агротехнического исследовательского университета им. С.Сейфуллина

Научный руководитель – **Ж. Д. МАНБЕТОВА**
Астана, Казахстан

Аннотация. *В статье представлены результаты количественной оценки эффективности разработанного ранее способа улучшения покрытия сетей сотовой мобильной связи, ориентированного на условия эксплуатации сетей при больших расстояниях между базовыми станциями. Оценка выполнена на основе расчётной модели Окамура-Хата для типового участка сети с межстанционным расстоянием 40 км, характерного для равнинных малонаселённых территорий Республики Казахстан. Показано, что программная оптимизация параметров базовой станции (угол наклона антенн, управление мощностью передатчика) без капитальных затрат позволяет сократить площадь зоны недостаточного покрытия на 40,8 %, а последующее размещение одной малой соты в остаточной проблемной зоне полностью устраняет дефицит покрытия. Приведена сравнительная оценка влияния предложенного способа на показатели качества обслуживания абонентов и его технико-экономической эффективности.*

Ключевые слова: *сотовая мобильная связь, радиопокрытие, модель Окамура-Хата, малая сота, оптимизация наклона антенн, качество обслуживания, технико-экономическая эффективность.*

В ранее опубликованной работе автора был предложен комплексный способ улучшения покрытия сетей сотовой мобильной связи, ориентированный на условия эксплуатации сетей при больших расстояниях между базовыми станциями, характерных для равнинных малонаселённых территорий [1]. Настоящая статья продолжает данное исследование и представляет результаты количественной оценки эффективности предложенного способа, выполненной на конкретном расчётном примере.

Разработанный способ реализуется в виде последовательности из пяти этапов: сбор и анализ текущего состояния радиопокрытия; выявление зон недостаточного уровня сигнала на основе расчётной модели распространения радиоволн; оптимизация параметров базовых станций (мощность передатчика, угол наклона антенн); размещение малых сот в остаточных проблемных зонах на основе генетического алгоритма; повторная (контрольная) оценка качества покрытия. Такая последовательность обеспечивает максимальное использование потенциала существующей инфраструктуры прежде, чем принимается решение о дополнительных капитальных вложениях.

Для количественной оценки уровня принимаемого сигнала использована расчётная модель Окамура-Хата для открытой (сельской) местности, применимая для частот 150-1500 МГц и расстояний 1-20 км [2, 3]. Уровень сигнала на расстоянии d от базовой станции определяется как RSRP(d) = EIRP_эфф − L(d), где EIRP_эфф – эффективный энергетический потенциал радиолинии, а L(d) – потери распространения по модели Окамура-Хата. Для классификации территории введены два пороговых значения: RSRP_good – порог качественного покрытия, обеспечивающий высокую пропускную

способность, и RSRP_min – порог устойчивой регистрации в сети. Зона, в которой уровень сигнала находится между этими порогами, рассматривается как зона недостаточного (переходного) покрытия и является целевой для применения разработанного способа.

Расчёт выполнен для типового участка сети с параметрами, характерными для сельской местности Республики Казахстан: частота несущей 900 МГц, высота подвеса антенны базовой станции 40 м, высота антенны абонентского устройства 1,5 м, межстанционное расстояние 40 км, мощность передатчика 43 дБм, коэффициент усиления антенны 17 дБи. Эффективный энергетический потенциал линии составил 55 дБм. Расчёт показал, что при базовых (неоптимизированных) параметрах уровень сигнала на границе номинального радиуса соты (20 км) составляет −85,9 дБм, что ниже принятого порога качественного покрытия (−80 дБм); площадь зоны недостаточного покрытия достигает 689 км², то есть 54,8 % от полной площади соты.

Применение оптимизации угла наклона антенн совместно с адаптивным управлением мощностью передатчика обеспечивает расчётный выигрыш эффективного энергетического потенциала линии порядка 3 дБ [4, 5]. С учётом данного выигрыша уровень сигнала на границе соты повышается до −82,9 дБм, а площадь зоны недостаточного покрытия сокращается до 408 км² (32,5 % площади соты), то есть на 40,8 % без каких-либо капитальных затрат. Остаточная проблемная зона шириной 3,57 км устраняется размещением одной малой соты (мощность передатчика 30 дБм, коэффициент усиления антенны 8 дБи) в её геометрическом центре по результатам работы алгоритма оптимального размещения [6]; расчётный радиус зоны качественного покрытия малой соты составил 3,08 км, что достаточно для полного перекрытия остаточной зоны.

Оценка влияния предложенного способа на показатели качества обслуживания показала, что повышение уровня сигнала на границе соты на 3 дБ приводит к снижению расчётной вероятности обрыва соединения с 3,3 % до 1,1 %, то есть в 3 раза, а расчётная (теоретическая, по формуле Шеннона) пропускная способность на границе соты возрастает с 60,2 до 70,1 Мбит/с (прирост 16,5 %) [7].

Технико-экономическая оценка показала, что достижение сопоставимого результата путём строительства новой полнофункциональной базовой станции потребовало бы капитальных затрат порядка 150-250 тыс. долл. США, тогда как реализация предложенного способа (программная оптимизация параметров существующей БС и установка одной малой соты) оценивается в 10-20 тыс. долл. США – примерно на порядок ниже – при существенно меньших сроках реализации.

Полученные результаты подтверждают, что разработанный комплексный способ обеспечивает значительное улучшение радиопокрытия сетей сотовой мобильной связи в условиях больших расстояний между базовыми станциями без существенного увеличения капитальных затрат. Дальнейшим направлением развития предложенного подхода является его распространение на сценарии временного восстановления покрытия в труднодоступных районах и зонах чрезвычайных ситуаций с использованием мобильных (в том числе летающих) базовых станций, рассматриваемое автором в отдельной публикации [8].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Жумабаев Т. К. Разработка и исследование способа улучшения покрытия сетей сотовой мобильной связи // [Научно-электронное издание / сборник материалов международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 22: Аграрные системы будущего: устойчивое развитие, инновации и низкоуглеродные решения» КАТУ им. С. Сейфуллина]. – 2026.
2. Hata M. Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 1980. – Vol. 29. – P. 317-325.
3. COST 231 Final Report. Urban transmission loss models for mobile communications. – European Commission, 1999.
4. Абдуллин Р. Р. Методика расчёта параметров соты LTE // Вестник связи. – 2019. – № 3. – С. 22-30.
5. Есжанов Н. К., Нурымбетов А. А. Исследование влияния наклона антенн на качество покрытия сетей LTE // Вестник КазНУ. Серия Физика. – 2019. – № 3. – С. 72-80.
6. Штовба С. Д. Генетические алгоритмы для решения задач оптимизации в телекоммуникациях // Труды ТУСУР. – 2017. – № 2. – С. 33-41.
7. Rappaport T. S. Wireless Communications: Principles and Practice. – 2nd ed. – Prentice Hall, 2014. – 736 p.
8. Zeng Y., Zhang R., Lim T. J. Wireless communications with unmanned aerial vehicles: Opportunities and challenges // IEEE Communications Magazine. – 2016. – Vol. 54, No. 5. – P. 36-42.

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-92-98

SOSİAL BİNALARDA GEOTERMAL ENERJİDƏN İSTİFADƏ TEXNOLOGİYALARININ ARAŞDIRILMASI

HACIYEV YƏHYA ZIYYƏDDINOĞLU
Elmi rəhbər
Azərbaycan memarliq və inşaat universiteti

MƏMMƏDOVA AYFƏR VÜQAR QIZI
Magistr tələbəsi
Azərbaycan memarliq və inşaat universiteti

Xülasə: *Məqalədə sosial binalarda geotermal enerjidən istifadə imkanları, geotermal istilik nasoslarının iş prinsipi və binaların istilik-soyutma tələbatının qarşılanmasında tətbiqi araşdırılır. Geotermal sistemlərin əsas xüsusiyyətləri, enerji səmərəliliyinə təsiri, üstünlükləri və tətbiq məhdudiyyətləri nəzərdən keçirilir. Xüsusilə torpaq və qrunt sularının aşağı potensiallı istilik mənbəyi kimi istifadəsi, istilik nasosları vasitəsilə enerjinin binaya ötürülməsi və sistemin sosial binalara uyğunlaşdırılması məsələləri təhlil edilir.*

Açar sözlər: *geotermal enerji, sosial binalar, istilik nasosu, enerji səmərəliliyi, isitmə, soyutma, bərpa olunan enerji.*

Giriş

Binalarda enerji istehlakının azaldılması və bərpa olunan enerji mənbələrinin tətbiqi müasir tikinti və enerji idarəetməsinin əsas istiqamətlərindən biridir. Sosial binalar — yaşayış kompleksləri, məktəblər, uşaq bağçaları, inzibati və digər ictimai obyektlər — uzunmüddətli və fasiləsiz enerji təminatına ehtiyac duyur. Bu obyektlərdə isitmə, soyutma və isti su hazırlanması enerji sərfinin mühüm hissəsini təşkil edir.

Geotermal enerji Yer daxilində toplanan istilikdən istifadə etməyə imkan verən bərpa olunan enerji mənbəyidir. Geotermal istilik nasosları isə bu enerjinin nisbətən aşağı temperatur səviyyəsindən bina üçün yararlı istilik səviyyəsinə keçirilməsində istifadə olunur. Sistemin seçimi geoloji şərait, iqlim, binanın istilik yükü və ilkin investisiya imkanları ilə əlaqələndirilməlidir.

1. Sosial binaların enerji tələbatı

Sosial binalarda enerji tələbatı binanın funksiyası, sahəsi, istifadə müddəti, istifadəçi sayı, iqlim şəraiti və bina örtüyünün istilik-texniki göstəricilərindən asılıdır. Enerji səmərəliliyinin yüksəldilməsi yalnız avadanlığın dəyişdirilməsi ilə deyil, həm də bina zərfinin təkmilləşdirilməsi, istilik itkilərinin azaldılması və idarəetmə sistemlərinin optimallaşdırılması ilə təmin edilir.

Bərpa olunan enerji mənbələrindən sosial binalarda istifadə enerji təchizatının şaxələndirilməsi və ənənəvi enerji mənbələrindən asılılığın azaldılması baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır. Günəş, külək, hidroenerji, geotermal və bioloji enerji mənbələri müxtəlif texniki sistemlər vasitəsilə binanın enerji tələbatının müəyyən hissəsini təmin edə bilər.

Sosial binalar üçün enerji mənbəyinin seçilməsi zamanı yalnız enerji potensialı deyil, həm də ərazinin xüsusiyyətləri, ilkin investisiya, texniki xidmət, avadanlığın yerləşdirilməsi, mövcud mühəndis sistemləri və enerji tələbatının xarakteri nəzərə alınmalıdır.

Günəş enerjisi əsasən fotovoltaik panellər vasitəsilə elektrik enerjisinin, günəş kollektorları vasitəsilə isə istilik enerjisinin və isti suyun alınmasına imkan verir. Günəş sistemlərinin üstün cəhəti onların modul şəkildə layihələndirilə bilməsidir. Kiçik güclü sistemlər ayrı-ayrı qurğuların enerji təminatında, daha böyük sistemlər isə binanın ümumi elektrik tələbatının bir hissəsinin qarşılanmasında istifadə edilə bilər.

Geotermal enerji isə xüsusilə isitmə və soyutma sistemləri üçün əhəmiyyətlidir. Yer səthinin altında müəyyən dərinliklərdə temperaturun mövsümi dəyişikliklərdən daha az təsirlənməsi istilik nasoslarının daha sabit iş rejimində fəaliyyət göstərməsinə şərait yaradır.

Bioloji enerji mənbələrindən, xüsusilə biokütlə və bioqazdan istifadə də sosial binaların yerləşdiyi ərazinin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq nəzərdən keçirilə bilər. Üzvi tullantıların enerji məqsədilə istifadəsi tullantıların idarə olunması ilə enerji istehsalını bir sistemdə birləşdirməyə imkan verir.

Sosial binaların enerji tələbatı onların funksional təyinatı, istifadə müddəti, insan sıxlığı, binanın konstruktiv xüsusiyyətləri və xarici iqlim şəraiti ilə birbaşa əlaqəlidir. Məktəblər, uşaq bağçaları, xəstəxanalar, inzibati binalar və digər ictimai obyektlərdə enerji istehlakının əsas hissəsi istilik, soyutma, havalandırma, isti su və işıqlandırma sistemlərinin fəaliyyətinə sərf olunur. Bu sistemlərin düzgün layihələndirilməməsi və enerji baxımından səmərəsiz avadanlıqlardan istifadə binanın ümumi istismar xərclərinin artmasına səbəb ola bilər.

Enerji səmərəliliyinin yüksəldilməsi yalnız enerji sərfiyyatının azaldılması ilə məhdudlaşmamalıdır. Eyni zamanda binada tələb olunan istilik komfortunun, havanın keyfiyyətinin və istifadəçilərin rahatlığının qorunması vacibdir. Buna görə sosial binalarda enerji səmərəliliyi tədbirləri kompleks şəkildə həyata keçirilməlidir.

Enerji istehlakının strukturunun təhlili zamanı isitmə və soyutma sistemləri xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Bu sistemlərin enerji tələbatı mövsümdən asılı olaraq əhəmiyyətli dərəcədə dəyişə bilər. Qış aylarında istilik tələbatı artdığı halda, isti iqlim şəraitində soyutma sistemlərinin elektrik enerjisinə olan tələbatı yüksəlir. Geotermal istilik nasosları bu baxımdan xüsusi maraq doğurur, çünki eyni sistemdən müxtəlif iş rejimlərində həm isitmə, həm də soyutma məqsədilə istifadə etmək mümkündür.

Geotermal sistemlərin tətbiqində əsas məqsəd yeraltı mühitdə mövcud olan istilik potensialından istifadə etməklə binanın istilik və soyutma ehtiyaclarını daha səmərəli şəkildə qarşılamaqdır. Bu yanaşma xüsusilə il ərzində həm isitmə, həm də soyutma tələbi olan binalarda əhəmiyyətlidir.

Bərpa olunan enerji texnologiyasının seçilməsi üçün binanın ilkin enerji vəziyyəti müəyyən edilməlidir. Bunun üçün enerji auditi aparılaraq binanın istilik itkisi, elektrik enerjisi sərfiyyatı, isitmə və soyutma yükləri, avadanlıqların iş rejimi və enerji istehlakının digər göstəriciləri araşdırılır.

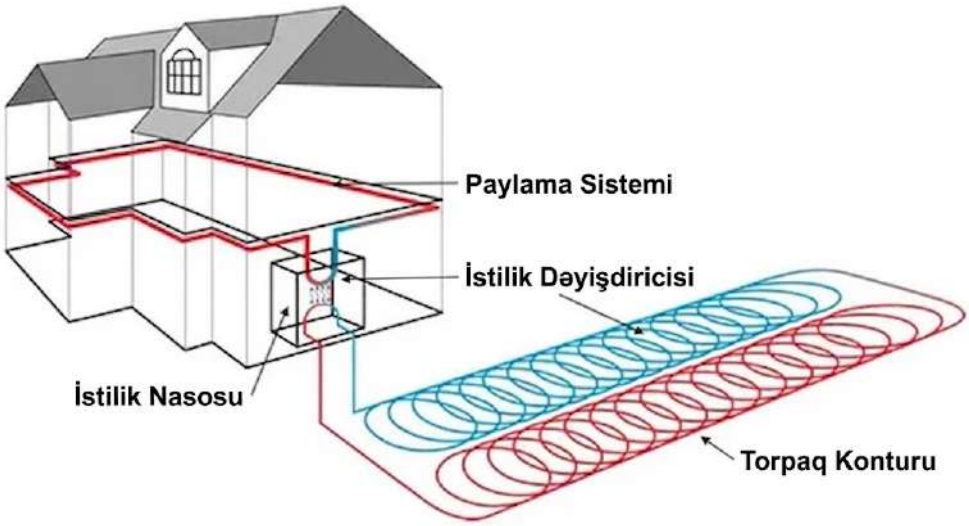
İstilik itkisinə əsas təsir göstərən amillərə xarici divarlar, dam örtüyü, pəncərələr, qapılar, döşəmə və istilik körpüləri daxildir. Binanın istilik izolyasiyasının yaxşılaşdırılması enerji səmərəliliyinin yüksəldilməsinin ilkin mərhələlərindən biri hesab edilə bilər.

Bu baxımdan bərpa olunan enerji texnologiyasının tətbiqi bina zərfinin yaxşılaşdırılması ilə paralel aparılmalıdır. Əks halda enerji tələbatı yüksək olan binaya daha böyük gücə malik istilik nasosunun quraşdırılması tələb oluna bilər.

2. Geotermal enerjinin bina sistemlərində istifadəsi

Geotermal sistemlərdə enerji mənbəyi kimi torpaq, qrunt suları və müəyyən hallarda digər yeraltı istilik resurslarından istifadə edilə bilər. İstilik dəyişdiricilər vasitəsilə mənbədən alınan enerji istilik nasosuna ötürülür. İstilik nasosu isə termodinamik dövr vasitəsilə istiliyi binanın isitmə sisteminə verir.

Reversiv sistemlərdə prosesin istiqaməti dəyişdirilərək yay mövsümündə soyutma da həyata keçirilə bilər. Beləliklə, geotermal sistem yalnız qış aylarında isitmə məqsədilə deyil, il ərzində binanın mikroiqliminin tənzimlənməsi üçün də istifadə oluna bilər.



Şəkil 1. Geotermal istilik nasosunun binada tətbiq sxemi.

Şəkildə yeraltı istilik mübadiləsi sistemi, istilik nasosu və binanın isitmə-soyutma sistemi arasındakı enerji əlaqəsi göstərilir.

3. Geotermal istilik nasoslarının iş prinsipi

Geotermal istilik nasosu istiliyi bir mühitdən digərinə daşıyan qurğudur. Sistem əsasən istilik mənbəyi, istilik nasosu və binadaxili istilikvermə sistemindən ibarətdir. Soyuducu agent buxarlandırıcıda aşağı potensiallı mənbədən istilik qəbul edir, kompressor vasitəsilə sıxılır və daha yüksək temperatur səviyyəsinə gətirilir.

Geotermal enerji yerin daxilində toplanan istilik enerjisindən istifadə edilməsinə əsaslanır. Bu enerji müxtəlif texnoloji üsullarla çıxarıla və binaların istilik və soyutma sistemlərinə ötürülə bilər. Sosial binalarda geotermal enerjidən istifadənin ən praktik istiqamətlərindən biri geotermal istilik nasoslarının tətbiqidir.

Geotermal istilik nasosu yeraltı mühitlə bina arasında istilik mübadiləsini təmin edən kompleks mühəndis sistemi kimi çıxış edir. Sistem əsasən istilik dəyişdiricisi, istilik nasosu, kompressor, dövr etdirici nasoslar, idarəetmə qurğuları və bina daxilində istilik paylayıcı sistemlərdən ibarət olur.

Sistemin iş prinsipi mövsümdən asılı olaraq dəyişir. Qış rejimində torpaqdan və ya digər aşağı temperaturlu istilik mənbəyindən alınan istilik istilik nasosu vasitəsilə daha yüksək temperatur səviyyəsinə çatdırılaraq binaya ötürülür. Yay rejimində isə proses əks istiqamətdə təşkil edilərək binanın daxilində yaranan artıq istilik xarici mühitə və ya torpaq konturuna ötürülür.

Sonrakı mərhələdə kondensatorda istilik binanın istilik sisteminə ötürülür. Daha sonra soyuducu agent genişlənmə klapanından keçərək əvvəlki təzyiq və temperatur səviyyəsinə qaytarılır və proses yenidən təkrarlanır.

İstilik nasosunun səmərəliliyini xarakterizə edən göstəricilərdən biri COP — performans əmsalıdır. Sadələşdirilmiş şəkildə çıxış istilik gücü aşağıdakı ifadə ilə göstərilə bilər:

$Qout = COP \times Wel$

Burada Qout — verilən istilik enerjisi, COP — performans əmsalı, Wel isə sistemin işləməsi üçün sərf olunan elektrik enerjisidir.

4. Sosial binalarda tətbiq imkanları

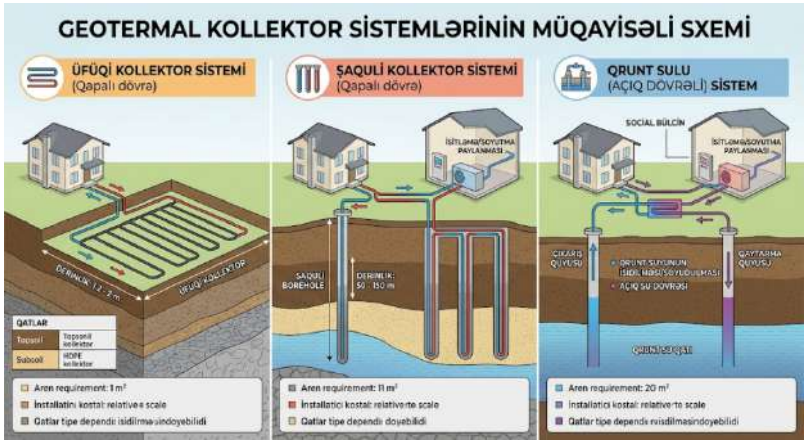
Geotermal istilik nasosları yaşayış binaları ilə yanaşı məktəblər, uşaq bağçaları, xəstəxanalar, inzibati və digər ictimai obyektlərdə tətbiq oluna bilər. Sosial binalarda bu sistemlərin əsas xüsusiyyətlərindən biri eyni qurğunun isitmə və soyutma funksiyalarını yerinə yetirə bilməsidir.

Bundan əlavə, sistem isti su hazırlama ilə inteqrasiya edilə bilər. Bu isə xüsusilə böyük enerji tələbatına malik sosial obyektlərdə geotermal enerjidən kompleks şəkildə istifadə etməyə imkan yaradır.

Layihələndirmə mərhələsində binanın istilik yükü, sahənin geoloji xüsusiyyətləri, yeraltı kollektorun yerləşdirilməsi, quyuların dərinliyi, suyun temperaturu və istilik dəyişdiricilərinin parametrləri nəzərə alınmalıdır.

Geotermal istilik nasoslarında yeraltı istilik dəyişdiricilərinin yerləşdirilməsi üçün müxtəlif texniki həllərdən istifadə olunur. Əsas tətbiq variantlarına üfüqi kollektor sistemləri, şaquli kollektor sistemləri və qrunt sularından istifadə edən açıq dövrəli sistemlər daxildir. Üfüqi sistemlərdə boru kollektorları nisbətən dayaz dərinlikdə torpağın altında yerləşdirilir və kifayət qədər geniş ərazi tələb edir. Şaquli sistemlərdə isə istilik dəyişdiriciləri daha dərin quyular vasitəsilə yerləşdirilir və məhdud sahəyə malik ərazilərdə tətbiq oluna bilər. Açıq dövrəli sistemlərdə isə qrunt suyundan istilik mənbəyi kimi istifadə edilir.

Şaquli sistemlər məhdud torpaq sahəsi olan obyektlər üçün, üfüqi kollektorlar isə kifayət qədər sahəsi olan ərazilər üçün uyğun ola bilər. Buna görə də sistemin seçilməsi konkret tikinti sahəsinin xüsusiyyətlərinə əsaslanmalıdır.



Şəkil 2. (Geotermal istilik nasoslarının üfüqi və şaquli kollektor sistemlərinin müqayisəli sxemi)

5. Enerji səmərəliliyi və iqtisadi aspektlər

Geotermal sistemlərin ilkin investisiya xərcləri ənənəvi isitmə avadanlıqları ilə müqayisədə yüksək ola bilər. Xüsusilə qazma və yeraltı kollektorların quraşdırılması layihənin ilkin dəyərinə təsir edən əsas amillərdəndir.

Bununla belə, sistemin istismar dövründə elektrik enerjisindən səmərəli istifadə etməsi və yanacaq yanmasının tələb olunmaması uzunmüddətli iqtisadi və ekoloji nəticələrin qiymətləndirilməsini zəruri edir.

İqtisadi qiymətləndirmə zamanı yalnız avadanlığın ilkin qiyməti deyil, illik enerji sərfi, texniki xidmət xərcləri, avadanlığın xidmət müddəti və enerji qiymətlərində mümkün dəyişikliklər də nəzərə alınmalıdır.

Sosial binalar üçün həyat dövrü xərclərinin təhlili müxtəlif istilik sistemlərinin müqayisəli qiymətləndirilməsinə və daha əsaslandırılmış texniki qərarların qəbul edilməsinə imkan verir.

6. Geotermal sistemlərin ekoloji və texniki xüsusiyyətləri

Geotermal istilik nasoslarının əsas xüsusiyyətlərindən biri binada yanma prosesinin tələb olunmamasıdır. Bu səbəbdən obyektdə ənənəvi yanacaqla işləyən qazan sistemlərinə xas yanma məhsullarının yaranması baş vermir.

Bununla yanaşı, geotermal sistemlərin ekoloji təsiri tamamilə sıfır kimi qəbul edilməməlidir. Elektrik enerjisinin hansı mənbədən əldə edilməsi, qazma işlərinin aparılması və yeraltı su sisteminin xüsusiyyətləri ümumi ekoloji qiymətləndirmədə nəzərə alınmalıdır.

Texniki baxımdan sistemin etibarlılığı düzgün layihələndirmədən və müvafiq avadanlığın seçilməsindən asılıdır. Yeraltı kollektorların ölçüləndirilməsi, istilik dəyişdiricilərinin seçimi və istilik nasosunun gücünün binanın istilik yükünə uyğunlaşdırılması mühüm layihələndirmə məsələləridir.

Geotermal istilik nasoslarının sosial binalarda tətbiqi bir sıra üstünlüklərlə xarakterizə olunur. Sistemlər düzgün layihələndirildikdə yüksək enerji səmərəliliyi göstəricilərinə nail olmaq, həm isitmə, həm də soyutma rejimlərindən istifadə etmək və uzunmüddətli istismar zamanı enerji xərclərini azaltmaq mümkündür.

Bununla yanaşı, sistemin ilkin investisiya xərcləri ənənəvi isitmə sistemləri ilə müqayisədə yüksək ola bilər. Yeraltı konturların quraşdırılması üçün uyğun sahənin tələb olunması, geoloji və hidrogeoloji şəraitin araşdırılması və ilkin layihələndirmənin daha ətraflı aparılması da nəzərə alınmalıdır.

Cədvəl 1. Geotermal istilik nasoslarının əsas üstünlükləri və məhdudiyyətləri

Üstünlüklər	Məhdudiyyətlər
Yüksək enerji səmərəliliyi	İlkin investisiyanın yüksək olması
İsitmə və soyutma imkanları	Geoloji şəraitdən asılılıq
Aşağı əməliyyat xərcləri potensialı	Yeraltı konturlar üçün sahə tələbi
Yanma prosesinin olmaması	Layihələndirmənin mürəkkəbliyi
Ekoloji təsirin azaldılması potensialı	İlkin geoloji araşdırmaya ehtiyac

7. Bərpa olunan enerji texnologiyalarının inteqrasiyası

Sosial binalarda yalnız bir bərpa olunan enerji texnologiyasından istifadə etmək əvəzinə müxtəlif texnologiyaların inteqrasiyası daha çevik enerji sistemi yaratmağa imkan verə bilər. Belə sistemdə günəş panelləri elektrik enerjisi istehsal edə, geotermal istilik nasosu binanın isitmə və soyutma tələbatını təmin edə, bioqaz sistemi isə uyğun şəraitdə əlavə enerji mənbəyi kimi çıxış edə bilər.

Bu texnologiyaların vahid enerji idarəetmə sistemi ilə əlaqələndirilməsi enerji istehlakının real vaxt rejimində izlənilməsinə imkan yaradır. İstehsal olunan enerji ilə binanın cari tələbatı arasında balansın idarə edilməsi sistemin ümumi səmərəliliyinin yüksəldilməsinə kömək edir.

İnteqrasiya olunmuş enerji sisteminin əsas üstünlüyü müxtəlif enerji mənbələrinin bir-birini tamamlamasıdır. Günəş enerjisindən elektrik enerjisinin istehsalında, geotermal istilik nasosundan isə isitmə və soyutma sistemlərinin enerji təminatında istifadə edilməsi binanın enerji tələbatının müxtəlif istiqamətlər üzrə qarşılanmasına şərait yaradır. Bu yanaşma enerji mənbələrindən birinin mövcudluğunun və ya istehsalının müvəqqəti azalması zamanı digər mənbələrdən istifadə imkanını artırır.

Sosial binalarda inteqrasiya olunmuş sistemlərin layihələndirilməsi zamanı enerji istehsalı ilə istehlak arasındakı uyğunluq, avadanlıqların gücü, idarəetmə sistemlərinin imkanları və binanın mövcud mühəndis infrastrukturu nəzərə alınmalıdır. Buna görə müxtəlif texnologiyaların birgə tətbiqi yalnız ayrı-ayrı qurğuların quraşdırılması kimi deyil, vahid enerji sistemi kimi qiymətləndirilməlidir.

8.Azərbaycan şəraitində tətbiq perspektivləri

Azərbaycanın müxtəlif ərazilərində geotermal resursların mövcudluğu bu enerji mənbəyinin bina sektorunda araşdırılmasını aktual edir. Lakin konkret sosial bina üçün geotermal sistemin iqtisadi və texniki baxımdan uyğunluğu yalnız yerli geoloji və hidrogeoloji məlumatların, binanın enerji tələbatının və sistemin ilkin investisiya xərclərinin birlikdə qiymətləndirilməsi ilə müəyyən edilə bilər.

Geotermal sistemlərin tətbiqi üçün ərazinin seçilməsi mərhələsində torpağın və qrunt sularının xüsusiyyətləri, yeraltı temperatur rejimi, istilik keçiriciliyi, yeraltı suların səviyyəsi və

mövcud tikinti şəraiti araşdırılmalıdır. Bu məlumatlar istilik dəyişdiricilərinin və yeraltı kollektorların ölçüləndirilməsi üçün əsas texniki məlumatları formalaşdırır.

Sosial binanın enerji tələbatının əvvəlcədən müəyyənləşdirilməsi də sistemin düzgün seçilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır. Binanın illik və mövsümi istilik-soyutma yükləri, istifadə müddəti, istifadəçi sayı və mövcud mühəndis sistemlərinin xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır. Belə qiymətləndirmə istilik nasosunun gücünün həddindən artıq və ya kifayət qədər olmaması ilə bağlı layihələndirmə problemlərinin qarşısını almağa kömək edə bilər.

Tətbiqin genişləndirilməsi üçün geotermal potensialın xəritələndirilməsi, pilot sosial binaların seçilməsi, enerji monitorinqinin aparılması və həyat dövrü xərclərinin müqayisəsi məqsədəuyğun yanaşmalardır. Pilot layihələrin həyata keçirilməsi yerli iqlim, geoloji şərait və tikinti xüsusiyyətlərinə uyğun texniki həllərin müəyyənləşdirilməsinə imkan verə bilər.

Azərbaycan şəraitində günəş enerjisi ilə geotermal istilik nasoslarının birlikdə istifadəsi də enerji sisteminin optimallaşdırılması baxımından araşdırıla bilər. Günəş fotovoltaik sistemləri istilik nasosunun elektrik tələbatının müəyyən hissəsinin qarşılanmasına kömək edə bilər. Belə yanaşma xüsusilə yeni layihələndirilən sosial binalarda daha səmərəli nəticə verə bilər. Çünki yeni tikililərdə binanın konstruktiv həlləri, istilik izolyasiyası, mühəndis sistemləri və bərpa olunan enerji qurğuları əvvəlcədən vahid konsepsiya əsasında layihələndirilə bilər.

Bununla yanaşı, geotermal sistemlərin bütün sosial binalar üçün eyni texniki həll əsasında tətbiqi məqsədəuyğun hesab edilə bilməz. Hər bir obyekt üçün ərazinin geoloji və hidrogeoloji xüsusiyyətləri, binanın enerji yükü, mövcud sahə, ilkin investisiya imkanları və istismar şərtləri ayrıca qiymətləndirilməlidir. Bu baxımdan pilot layihələrin nəticələrinin monitorinqi gələcək layihələr üçün texniki və iqtisadi göstəricilərin formalaşdırılmasına imkan verə bilər.

Nəticə

Aparılan təhlil göstərir ki, geotermal enerji sosial binaların isitmə və soyutma tələbatının qarşılanmasında tətbiq oluna bilən bərpa olunan enerji texnologiyalarından biridir. Geotermal istilik nasosları torpaq və qrunt sularının istilik potensialından istifadə etməklə enerjinin binaya ötürülməsini təmin edir.

Geotermal istilik nasoslarının əsas üstünlüklərindən biri eyni sistemdən həm isitmə, həm də soyutma məqsədilə istifadə imkanının olmasıdır. Bu xüsusiyyət sosial binalarda il ərzində dəyişən enerji tələbatının qarşılanması baxımından əhəmiyyətlidir. Bununla yanaşı, sistemin enerji səmərəliliyi binanın istilik xüsusiyyətləri, istilik mənbəyinin temperaturu, istilik dəyişdiricilərinin düzgün seçilməsi və avadanlığın layihə parametrlərinə uyğunlaşdırılmasından asılıdır.

Sosial binalarda geotermal sistemlərin tətbiqi zamanı yalnız avadanlığın texniki göstəriciləri deyil, həm də ilkin investisiya, istismar xərcləri, geoloji və hidrogeoloji şərait, mövcud ərazi imkanları və binanın enerji tələbatının xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır. Buna görə sistemin seçilməsi enerji auditi və texniki-iqtisadi qiymətləndirmənin nəticələrinə əsaslanmalıdır.

Azərbaycan şəraitində geotermal texnologiyaların tətbiq imkanlarının müəyyənləşdirilməsi üçün ərazilərin geoloji və hidrogeoloji xüsusiyyətlərinin araşdırılması, geotermal potensialın qiymətləndirilməsi və pilot sosial binaların seçilməsi mühüm əhəmiyyət daşıyır. Pilot layihələrin və ətraflı texniki-iqtisadi qiymətləndirmələrin aparılması müxtəlif sosial bina tipləri üçün uyğun texniki həllərin müəyyənləşdirilməsinə imkan verə bilər.

Nəticə etibarilə, geotermal istilik nasoslarının sosial binalarda tətbiqi enerji səmərəliliyinin yüksəldilməsi, isitmə və soyutma tələbatının daha səmərəli qarşılanması və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin genişləndirilməsi baxımından araşdırılması məqsədəuyğun olan istiqamətlərdən biridir. Texnologiyanın tətbiqi isə hər bir binanın funksional təyinatı, enerji yükü, ərazi və geoloji şəraiti, ilkin investisiya imkanları və istismar xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla müəyyənləşdirilməlidir.

ƏDƏBIYYAT

1. ASHRAE. *ASHRAE Handbook—Fundamentals*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2025.
2. International Energy Agency (IEA). *The Future of Heat Pumps*. Paris: IEA, 2022.
3. International Energy Agency (IEA). *Technology Roadmap – Geothermal Heat and Power*. Paris: IEA, 2011.
4. International Ground Source Heat Pump Association (IGSHPA). *Residential and Light Commercial Design and Installation Manual*. 2025.
5. Azərbaycan Respublikasının Energetika Nazirliyi yanında Bərpa Olunan Enerji Mənbələri Dövlət Agentliyi. *Geotermal enerji*. Bakı, 2026.
6. *Analysis of the Use of Geothermal Energy for Heating in Azerbaijan*. Energy Engineering, Vol. 122, Issue 9, 2025, pp. 3595–3608. DOI: 10.32604/ee.2025.067982.
7. *Assessment of Renewable Energy Potential for Heating Applications in Azerbaijan: A Review and Regional Perspective*. Energy Conversion and Management: X, Vol. 30, 2026, Article 101908.

УДК 004.852
DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-99-107

АДАПТАЦИЯ МЯГКИХ ДАТЧИКОВ ПРИ ДОМЕННОМ СДВИГЕ: ВЫБОР ИНТЕНСИВНОСТИ ДООБУЧЕНИЯ ПО ЛАТЕНТНОМУ MMD

КУКАНОВА Р. А.
канд. техн. наук, доцент, Кыргызско-Германский институт прикладной информатики
Бишкек, Кыргызстан

ДЮШЕМБИЕВ А. М.
студент, Кыргызско-Германский институт прикладной информатики
Бишкек, Кыргызстан

ИЛЬЯСОВА Д. А.
студент, Кыргызско-Германский институт прикладной информатики
Бишкек, Кыргызстан

Аннотация. *Рассматривается перенос нейросетевого мягкого датчика с одной технологической линии на однотипную при смене режима работы или состава сырья, когда на новой линии доступно лишь 80 отсчётов (4 ч). Предложен алгоритм Adaptive Fine-Tuning (AFT): до дообучения вычисляется MMD с гауссовым ядром между эмбеддингами LSTM-энкодера на данных двух линий, и по двум порогам выбирается одна из трёх стратегий — без дообучения, дообучение регрессора при замороженном энкодере или полное дообучение. Эксперимент выполнен на открытых данных процесса Tennessee Eastman: восемь сценариев перехода, по 20 повторов, восемь методов сравнения. Средний относительный RMSE прогноза мощности компрессора составил 0,987 у AFT против 1,039 у полного дообучения (p = 0,003); от DeepCORAL и DANN, которым нужны данные исходной линии, различие незначимо. При случайных колебаниях состава сырья AFT снизил средний RMSE на 9,5 %.*

Ключевые слова: *трансферное обучение, адаптация домена, дообучение, мягкий датчик, Maximum Mean Discrepancy, холодный старт, процесс Tennessee Eastman.*

TRANSFER LEARNING BETWEEN SIMILAR PROCESS LINES: ADAPTIVE SELECTION OF A NEURAL NETWORK FINE-TUNING STRATEGY UNDER OPERATING MODE AND FEEDSTOCK CHANGES

Abstract. *The paper studies the transfer of a neural soft sensor from one process line to a similar line after a change of the operating mode or feedstock composition, when only 80 samples (4 h) of the new line are available. The proposed Adaptive Fine-Tuning (AFT) algorithm computes, before fine-tuning, a Gaussian-kernel MMD between LSTM-encoder embeddings of the two lines and uses two thresholds to select one of three strategies: no update, regressor-only tuning with a frozen encoder, or full fine-tuning. Experiments on open Tennessee Eastman process data cover eight transfer scenarios, 20 repetitions each, and eight reference methods. The mean relative RMSE of the compressor power prediction was 0.987 for AFT versus 1.039 for full fine-tuning (p = 0.003); the difference from DeepCORAL and DANN, which require source-line data, was not significant. Under random feedstock composition variation AFT reduced the mean RMSE by 9.5%.*

Key words: *transfer learning, domain adaptation, fine-tuning, soft sensor, Maximum Mean Discrepancy, cold start, Tennessee Eastman process.*

На непрерывных производствах модели машинного обучения применяются как мягкие датчики — программные оценки величин, которые трудно или дорого измерять напрямую [1], а также для мониторинга и диагностики процессов [2, 3]. Такая модель обучается на истории конкретного объекта и опирается на статистические связи между его сигналами. При переносе модели на однотипную линию или при смене режима работы распределение данных меняется, и точность модели снижается. В теории переноса обучения это явление называют доменным сдвигом: исходный домен — данные линии, на которой модель обучена, целевой — данные новой линии или нового режима [4]. Методы глубокого переноса обучения для промышленной автоматизации систематизированы в обзоре [5], а для многорежимных химических процессов перенос обучения применялся при диагностике неисправностей [6].

Наиболее остро задача стоит в первые часы работы новой линии, когда размеченных данных мало. В настоящей работе этот случай называется холодным стартом и моделируется выборкой из 80 отсчётов, что при шаге 3 мин соответствует 4 ч работы. Простейшее решение — полное дообучение всех весов модели на этой выборке (Standard Fine-Tuning, далее Standard FT). При малом объёме данных оно рискует переобучением и катастрофическим забыванием — потерей знаний, полученных при предобучении [7]. Альтернатива — заморозка части слоёв [8], но глубина заморозки выбирается заранее и не зависит от величины сдвига. Методы адаптации доменов DANN [9] и DeepCORAL [10] требуют во время адаптации данных исходной линии, а AdaBN [11] обновляет только статистики нормализации.

Гипотеза исследования: величина доменного сдвига, измеренная до дообучения в латентном пространстве предобученного энкодера, позволяет выбрать объём обновления модели так, чтобы в среднем по сценариям ошибка была ниже, чем при любой заранее фиксированной стратегии. Для проверки гипотезы предложен алгоритм Adaptive Fine-Tuning (AFT). Он вычисляет Maximum Mean Discrepancy (MMD) [12] между эмбеддингами двух линий и по двум порогам выбирает одну из трёх стратегий: не изменять модель, дообучить только регрессор или дообучить всю модель.

Мы поставили цель - разработать алгоритм выбора стратегии дообучения мягкого датчика по величине доменного сдвига и экспериментально сравнить его с известными методами переноса обучения в условиях холодного старта. Научный вклад работы состоит в экспериментально проверяемом механизме предварительной оценки доменного сдвига в латентном пространстве, используемом для выбора интенсивности дообучения мягкого датчика при ограниченном объёме целевых данных и отсутствии доступа к исходным данным во время адаптации.

Standard FT обновляет все параметры предобученной сети на данных целевого домена [4]. На выборке из десятков примеров полное обновление рискует переобучением и забыванием признаков, полученных при предобучении [7].

Заморозка слоёв опирается на результат работы [8]: признаки первых слоёв сети более общие, признаки последних — более специфичны для исходной задачи. Поэтому при переносе нижние слои часто фиксируют и дообучают только верхние. Недостаток подхода в том, что граница заморозки выбирается заранее. В работе [13] показано, что дообучение подмножества слоёв не уступает распространённым вариантам дообучения, а наиболее выгодное подмножество зависит от типа сдвига распределения. Метод AdaFilter [14] выбирает дообучаемые фильтры свёрточной сети отдельно для каждого примера с помощью дополнительной рекуррентной управляющей сети.

DANN [9] добавляет к сети классификатор доменов и слой обращения градиента. В результате энкодер учится строить признаки, по которым нельзя отличить исходный домен от целевого. DeepCORAL [10] минимизирует разность ковариационных матриц признаков двух доменов. Оба метода требуют одновременного доступа к данным обоих доменов, что при передаче модели на другую линию возможно не всегда. AdaBN [11] пересчитывает

статистики слоёв пакетной нормализации по данным целевого домена без изменения весов. Обзор методов адаптации доменов без разметки целевых данных приведён в [15].

Для процесса Tennessee Eastman опубликован бенчмарк адаптации доменов, в котором доменами служат шесть режимов работы [16]. Он построен для классификации неисправностей, а не для регрессии мягкого датчика при холодном старте. Сравнение методов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение методов переноса по условиям применения

Метод	**Данные линии А при адаптации**	**Обновляемые параметры**	**Как определяется объём обновления**
Standard FT [4]	не нужны	все	задан заранее
Статическая заморозка [8]	не нужны	верхние слои	задан заранее
AdaFilter [14]	не нужны	часть фильтров свёрточной сети	управляющей сетью, для каждого примера
AdaBN [11]	не нужны	статистики нормализации	задан заранее
DeepCORAL [10]	нужны	все	задан заранее
DANN [9]	нужны	все и классификатор доменов	задан заранее
AFT (предлагаемый)	не нужны; хранится эталон из 500 эмбеддингов	нет, регрессор или все	по MMD до начала дообучения

Таким образом, в рассмотренных методах не используется правило, которое до начала дообучения по измеренной величине сдвига выбирает, какую часть модели обновлять. Такое правило предлагается в настоящей работе и проверяется ниже.

Методология исследования. *Данные.* Процесс Tennessee Eastman (TEP) моделирует химическое производство двух продуктов G и H из газообразных реагентов A, C, D, E [17]. Использованы открытые данные расширенного набора симуляций [18], выполненных на пересмотренной модели процесса [19], в предобработке бенчмарка [16, 20]. Для каждого из шести режимов набор содержит 100 прогонов нормальной работы длиной 600 отсчётов (30 ч, шаг 3 мин) и по 100 участков длиной 600 отсчётов после ввода каждого возмущения. Использованы 22 измерения XMEAS(1)–XMEAS(22). Целевая переменная — мощность компрессора XMEAS(20), кВт; входные признаки — остальные 21 измерение.

Линии и сценарии. Линия А (исходный домен) — нормальная работа в режиме 1 (соотношение продуктов G/H = 50/50). Прогоны 1–60 использованы для предобучения, 61–80 — для валидации и построения эталона. Линия Б (целевой домен) задана восемью сценариями. В сценариях M2–M6 линия Б работает в режимах 2–6: режим 2 — G/H = 10/90, режим 3 — 90/10, режимы 4–6 — 50/50, 10/90 и 90/10 при максимальной производительности [16]. В сценариях IDV1, IDV2, IDV8 линия Б работает в режиме 1 после изменения состава сырья: ступенчатое изменение соотношения A/C в питании (IDV(1)), ступенчатое изменение содержания B (IDV(2)) и случайные колебания содержания A, B, C (IDV(8)) [16, 17]. В повторе k = 1…20 используется прогон 80 + k линии Б. Выборка холодного старта — отсчёты 201–280 участка (10–14 ч от его начала), тестовая выборка — следующие 320 отсчётов (16 ч).

Предобработка. Признаки и цель нормируются средним и стандартным отклонением линии А. Для линии Б уровень каждого сигнала вычитается по 80 отсчётам холодного старта, масштаб берётся от линии А. Это убирает смещение уставок между режимами и оставляет изменения динамики и связей между сигналами. Вход модели — окно из 10

последовательных отсчётов, цель — значение XMEAS(20) в последнем отсчёте окна. Из 80 отсчётов получается 71 окно: первые 55 — для дообучения, последние 16 — для ранней остановки (разбиение хронологическое).

Модель. Энкодер E(·) состоит из двух слоёв LSTM [21] на 64 и 32 нейрона, за каждым из которых следует пакетная нормализация (35 008 параметров). Регрессор R(·) — полносвязная сеть 32→128→64→1 с активацией ReLU (12 545 параметров, 26,4 % от общего числа 47 553). Предобучение (окна линии А взяты с шагом 2): оптимизатор Adam, скорость обучения 10^{-3}, пакет 256 окон, функция потерь MSE, ранняя остановка при отсутствии улучшения на валидации в течение 10 эпох (не более 100 эпох). Во всех методах дообучения настройки одинаковые: Adam, скорость 10^{-3}, пакет 32, та же ранняя остановка с восстановлением лучших весов.

Алгоритм AFT. Схема алгоритма приведена на рисунке 1.

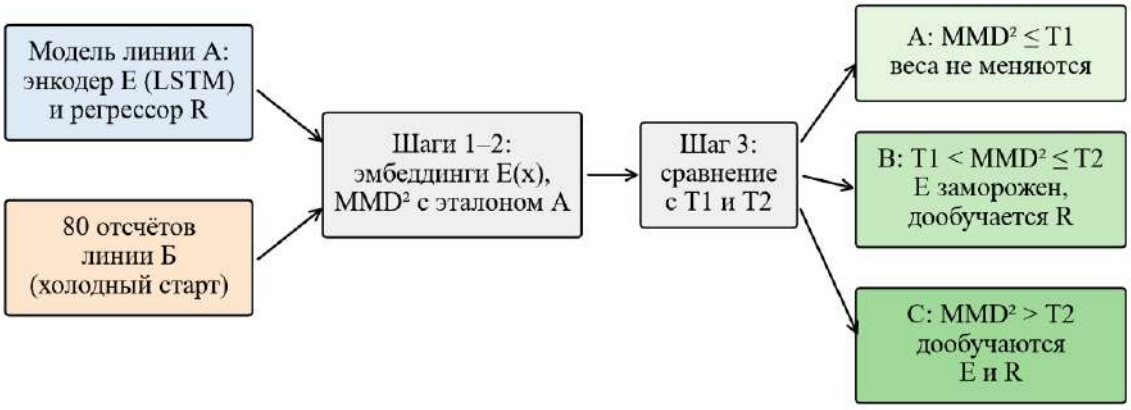


Рисунок 1 – Схема алгоритма Adaptive Fine-Tuning (AFT)

Шаг 1. Эмбеддинги эталона линии А H_S (n = 500 окон из валидационных прогонов) и выборки холодного старта H_T (m = 71 окно) вычисляются энкодером E(·) без градиентов.

Шаг 2. Величина сдвига оценивается несмещённой оценкой квадрата MMD [12] с гауссовым ядром:

$$MMD^2(H_S, H_T) = \frac{1}{n(n-1)}\sum_{i\neq j} k\left(h_i^S, h_j^S\right) + \frac{1}{m(m-1)}\sum_{i\neq j} k\left(h_i^T, h_j^T\right) - \frac{2}{nm}\sum_{i,j} k\left(h_i^S, h_j^T\right) \quad (1)$$

где k(a, b) = exp(−||a − b||² / (2σ²)), ширина ядра σ — медиана попарных расстояний между эмбеддингами эталона.

Шаг 3. Порог T_1 — 95-й перцентиль MMD^2 между эталоном и 200 случайными связными участками по 80 отсчётов из валидационных прогонов линии А, нормированными так же, как линия Б. Превышение T_1 означает, что сдвиг больше естественной изменчивости линии А. Стратегия выбирается по правилу: A — если $MMD^2 \leq T_1$, модель не меняется; B — если $T_1 < MMD^2 \leq T_2$, энкодер заморожен (включая статистики нормализации), дообучается регрессор; C — если $MMD^2 > T_2$, дообучается вся модель (стратегия C совпадает со Standard FT).

Порог T_2 задаётся в долях T_1 и калибруется перекрёстной проверкой по сценариям: для оцениваемого сценария T_2 выбирается только по остальным семи сценариям как значение, минимизирующее их средний относительный RMSE. Так тестовый сценарий не участвует в настройке порога.

Методы сравнения: (1) константа — среднее цели за холодный старт; (2) модель без адаптации; (3) Standard FT; (4) статическая заморозка энкодера [8]; (5) AdaBN [11]; (6)

DeepCORAL [10] — потери MSE на линии Б и на пакете линии А плюс CORAL-штраф; (7) DANN [9] — те же потери MSE плюс классификатор доменов 32→16→1 со слоем обращения градиента (коэффициент 0,1); (8) выбор стратегии A/B/C по ошибке на 16 валидационных окнах. Для оценки предела возможностей выбора приведён также оракул — лучшая из стратегий A/B/C по тестовой ошибке; на практике он нереализуем.

Метрики и статистика. Основная метрика — RMSE на тестовой выборке, кВт. Для сводной оценки по сценариям используется относительный RMSE — отношение RMSE метода к RMSE модели без адаптации. В каждом повторе базовая модель обучается заново с другим начальным значением генератора случайных чисел. Методы сравниваются парным критерием Уилкоксона: внутри сценария — по 20 повторам; сводно — по 20 значениям среднего по сценариям относительного RMSE, поскольку сценарии одного повтора используют общую базовую модель. Уровень значимости 0,05, для сводных сравнений применена поправка Холма. Расчёты выполнены на ноутбуке без графического ускорителя (Python 3.14, PyTorch 2.14, SciPy 1.18). Один повтор со всеми сценариями занимает около 30 с. Код эксперимента размещён в открытом репозитории [22].

Результаты и обсуждение. Значения RMSE по сценариям приведены в таблице 2.

Таблица 2 – RMSE прогноза XMEAS(20), кВт: среднее (стандартное отклонение), 20 повторов

Метод	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**	**IDV1**	**IDV2**	**IDV8**
Константа	0,495 (0,192)	0,715 (0,047)	0,561 (0,242)	0,595 (0,252)	0,837 (0,185)	3,351 (0,297)	0,674 (0,202)	11,955 (4,079)
Без адаптации	**0,249 (0,020)**	0,727 (0,052)	0,323 (0,072)	0,269 (0,064)	0,808 (0,163)	2,872 (0,286)	**0,282 (0,041)**	11,613 (4,063)
Standard FT	0,276 (0,062)	0,740 (0,093)	0,328 (0,158)	0,313 (0,160)	0,800 (0,154)	2,848 (0,277)	0,332 (0,073)	10,504 (4,209)
Стат. заморозка	0,284 (0,078)	0,719 (0,052)	**0,319 (0,128)**	0,311 (0,151)	0,811 (0,177)	2,811 (0,356)	0,311 (0,061)	10,715 (4,558)
AdaBN	0,327 (0,067)	0,755 (0,057)	0,373 (0,099)	0,328 (0,075)	0,818 (0,149)	**2,738 (0,284)**	0,312 (0,077)	11,671 (4,095)
DeepCORAL	0,261 (0,037)	**0,696 (0,058)**	0,325 (0,150)	0,289 (0,083)	0,766 (0,151)	2,854 (0,308)	0,301 (0,057)	11,173 (4,330)
DANN	0,263 (0,039)	0,698 (0,068)	0,338 (0,131)	0,287 (0,082)	**0,757 (0,149)**	2,855 (0,276)	0,300 (0,050)	11,192 (4,218)
Выбор по валидации	0,287 (0,073)	0,740 (0,088)	0,334 (0,162)	0,316 (0,159)	0,803 (0,156)	2,800 (0,325)	0,318 (0,067)	**10,503 (4,275)**
AFT	0,250 (0,022)	0,726 (0,050)	0,322 (0,073)	**0,269 (0,064)**	0,815 (0,170)	2,848 (0,277)	0,282 (0,041)	10,504 (4,209)
Оракул*	0,245 (0,020)	0,706 (0,054)	0,286 (0,078)	0,261 (0,066)	0,765 (0,147)	2,775 (0,323)	0,274 (0,039)	10,190 (4,302)

Примечание: жирным выделено наименьшее среднее среди реализуемых методов; * оракул выбирает лучшую из стратегий A/B/C по тестовой ошибке и приведён как верхняя граница.

Первый результат касается применимости дообучения как такового. Standard FT увеличил среднюю ошибку в сценариях M2–M5 и IDV2, а AdaBN — во всех сценариях, кроме IDV1. Сводно средний относительный RMSE составил 1,039 у Standard FT, 1,028 у статической заморозки и 1,112 у AdaBN, то есть в среднем эти методы ухудшили прогноз модели без адаптации. Заметно снизить ошибку удалось в сценарии IDV8 (случайные колебания состава сырья): 10,50 кВт у Standard FT против 11,61 кВт без адаптации ($p < 0,001$).

Величина сдвига по сценариям показана на рисунке 2. Медиана отношения MMD^2/T_1 превышает 1 в сценариях IDV1 (1,78) и IDV8 (2,02), близка к 1 в M6 (1,02) и меньше 1 в остальных сценариях. После вычитания уровня сигналов смена режима, как правило, не выводит эмбеддинги за пределы естественной изменчивости линии A, а изменения состава сырья IDV(1) и IDV(8) выводят. Ступенчатое изменение содержания B (IDV2) энкодер не выделил.

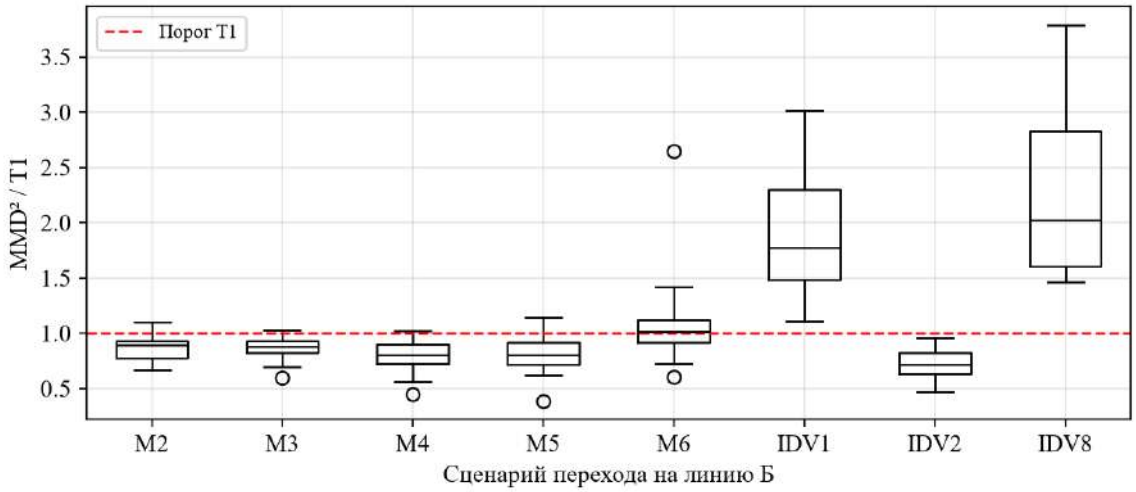


Рисунок 2 – Отношение MMD^2 / T_1 по сценариям (20 повторов); линия 1 — порог T_1

Выбор стратегий и результат AFT по сценариям приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Выбор стратегий алгоритмом AFT и его результат по сценариям

Сценарий	**Медиана MMD^2/T_1**	**T_2/T_1**	**Число выборов A/B/C**	**Изменение среднего RMSE к модели без адаптации, %**	**p: AFT и без адаптации**	**p: AFT и Standard FT**
M2	0,90	1,02	18/1/1	+0,6	0,655	0,014
M3	0,88	1,00	18/0/2	−0,1	0,655	0,948
M4	0,81	1,11	19/1/0	−0,1	0,317	0,388
M5	0,80	1,00	19/0/1	−0,1	0,317	0,053
M6	1,02	1,77	10/9/1	+1,0	0,878	0,126
IDV1	1,78	1,00	0/0/20	−0,8	0,070	1,000
IDV2	0,72	1,00	20/0/0	+0,0	1,000	0,002
IDV8	2,02	1,00	0/0/20	−9,5	< 0,001	1,000

AFT выбрал полное дообучение во всех повторах сценариев IDV1 и IDV8 и оставил модель без изменений в 18–20 повторах из 20 в сценариях M2–M5 и IDV2. В сценарии M6 стратегии распределились почти поровну. Откалиброванный порог T_2 оказался равен или близок к T_1 в семи сценариях из восьми. Значит, на этих данных промежуточная стратегия B редко выгоднее полного дообучения. Допущение, что при умеренном сдвиге достаточно дообучить регрессор, эксперимент не подтвердил.

Сводно (рисунок 3) средний относительный RMSE AFT составил 0,987. Это ниже, чем у модели без адаптации ($p = 0,011$), Standard FT (1,039, $p = 0,003$), статической заморозки (1,028, $p = 0,011$), AdaBN (1,112, $p < 0,001$) и выбора по валидации (1,040, $p = 0,005$); p-значения приведены с поправкой Холма. Различие с DeepCORAL (1,007) и DANN (1,012) незначимо ($p = 0,286$ и $p = 0,286$). При этом в сценариях M3 и M6 DeepCORAL и DANN точнее AFT, а в IDV8 — хуже. Для них, в отличие от AFT, при адаптации нужны данные

линии A. Выбор по 16 валидационным окнам оказался хуже, чем выбор по MMD; вероятная причина — высокая случайная погрешность ошибки, оценённой всего по 16 окнам.

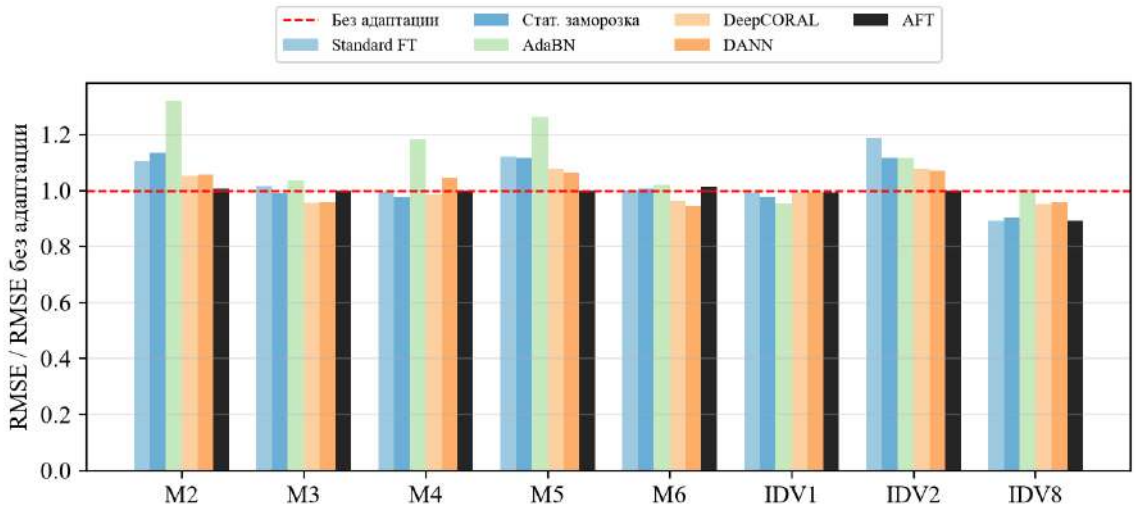


Рисунок 3 – Средний относительный RMSE методов по сценариям (1 — модель без адаптации)

Пример прогноза для сценария IDV8 показан на рисунке 4. В этом повторе AFT выбрал полное дообучение (RMSE 9,63 кВт против 9,79 кВт без адаптации), хотя заморозка энкодера дала 7,62 кВт, — это пример неоптимального выбора. В среднем до оракула (0,946) AFT недостаёт 4,1 процентного пункта: правило ошибается в отдельных повторах, а в сценарии IDV1 лучший результат показал AdaBN (2,74 кВт), не входящий в набор стратегий AFT.

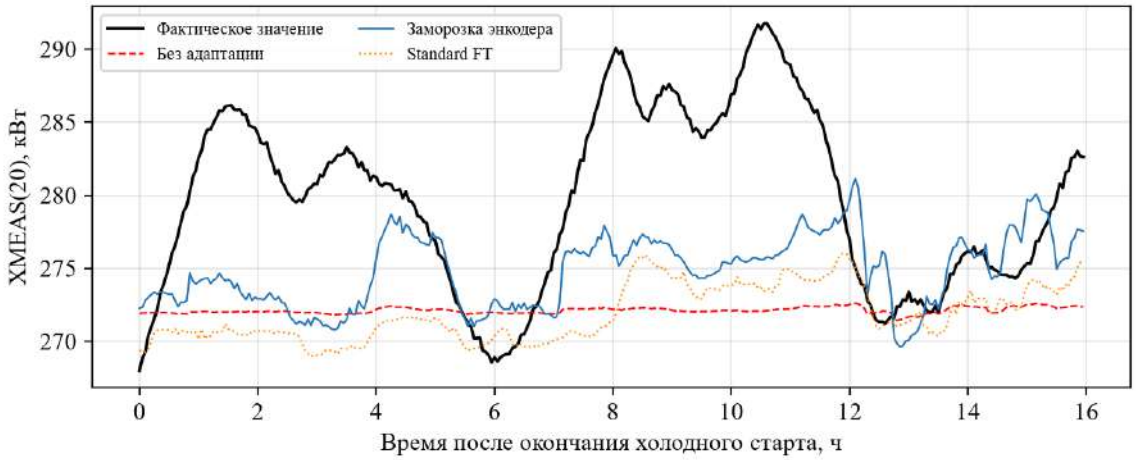


Рисунок 4 – Прогноз мощности компрессора XMEAS(20) на тестовой выборке, сценарий IDV8, повтор 1 (AFT выбрал стратегию C)

Исследование имеет ограничения. 1. Данные получены на симуляторе, а однотипные линии имитируются режимами и возмущениями одного процесса. 2. Рассмотрены одна целевая переменная, одна архитектура и один объём холодного старта (80 отсчётов). 3. В сценарии M3 модель без адаптации не точнее константы (RMSE 0,727 кВт против 0,715 кВт), в M6 выигрыш мал (0,808 против 0,837 кВт): в этих режимах изменения мощности компрессора слабо объясняются другими измерениями. 4. Для калибровки порога T_2 нужны данные прошлых переходов между линиями или режимами.

Заключение. Предложен алгоритм AFT, который до дообучения оценивает доменный сдвиг по MMD в пространстве LSTM-энкодера и выбирает одну из трёх стратегий: без

изменений, дообучение регрессора или полное дообучение. Проверка на восьми сценариях процесса Tennessee Eastman (20 повторов) показала следующее.

1. На этих данных при холодном старте (80 отсчётов) дообучение без предварительной оценки сдвига в среднем ухудшает прогноз: относительный RMSE Standard FT — 1,039, AdaBN — 1,112.

2. AFT снизил средний относительный RMSE до 0,987 и превзошёл все стратегии с фиксированным выбором и выбор по валидационной ошибке ($p < 0,05$ с поправкой Холма). От DeepCORAL и DANN он значимо не отличается, но не требует данных исходной линии во время адаптации.

3. Наибольший эффект получен при случайных колебаниях состава сырья: средний RMSE ниже на 9,5 %, чем без адаптации. При смене режима Standard FT и заморозка энкодера в среднем снижали RMSE не более чем на 1,1 %, и AFT в большинстве повторов оставлял модель без изменений.

4. Промежуточная стратегия (дообучение только регрессора) на этих данных практически не выбиралась; до оракула AFT недостаёт 4,1 процентного пункта.

В целом AFT предотвращает неоправданное дообучение при малом доменном сдвиге и обеспечивает существенное улучшение в сценарии выраженного изменения состава сырья.

Направления дальнейшей работы: проверка на данных реальных линий и других целевых переменных, включение AdaBN в набор стратегий, исследование зависимости результата от объёма холодного старта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kadlec P., Gabrys B., Strandt S. Data-driven soft sensors in the process industry // Computers & Chemical Engineering. 2009. Vol. 33, no. 4. P. 795–814. DOI: 10.1016/j.compchemeng.2008.12.012.
2. Qin S. J. Survey on data-driven industrial process monitoring and diagnosis // Annual Reviews in Control. 2012. Vol. 36, no. 2. P. 220–234. DOI: 10.1016/j.arcontrol.2012.09.004.
3. Yin S., Ding S. X., Xie X., Luo H. A review on basic data-driven approaches for industrial process monitoring // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2014. Vol. 61, no. 11. P. 6418–6428. DOI: 10.1109/TIE.2014.2301773.
4. Pan S. J., Yang Q. A survey on transfer learning // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 2010. Vol. 22, no. 10. P. 1345–1359. DOI: 10.1109/TKDE.2009.191.
5. Maschler B., Weyrich M. Deep transfer learning for industrial automation: a review and discussion of new techniques for data-driven machine learning // IEEE Industrial Electronics Magazine. 2021. Vol. 15, no. 2. P. 65–75. DOI: 10.1109/MIE.2020.3034884.
6. Wu H., Zhao J. Fault detection and diagnosis based on transfer learning for multimode chemical processes // Computers & Chemical Engineering. 2020. Vol. 135. Art. 106731. DOI: 10.1016/j.compchemeng.2020.106731.
7. Kirkpatrick J., Pascanu R., Rabinowitz N. [et al.] Overcoming catastrophic forgetting in neural networks // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2017. Vol. 114, no. 13. P. 3521–3526. DOI: 10.1073/pnas.1611835114.
8. Yosinski J., Clune J., Bengio Y., Lipson H. How transferable are features in deep neural networks? // Advances in Neural Information Processing Systems 27 (NIPS 2014). 2014. P. 3320–3328.
9. Ganin Y., Ustinova E., Ajakan H. [et al.] Domain-adversarial training of neural networks // Journal of Machine Learning Research. 2016. Vol. 17, no. 59. P. 1–35.
10. Sun B., Saenko K. Deep CORAL: correlation alignment for deep domain adaptation // Computer Vision – ECCV 2016 Workshops. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer, 2016. P. 443–450. DOI: 10.1007/978-3-319-49409-8_35.

11. Li Y., Wang N., Shi J. [et al.] Adaptive batch normalization for practical domain adaptation // Pattern Recognition. 2018. Vol. 80. P. 109–117. DOI: 10.1016/j.patcog.2018.03.005.
12. Gretton A., Borgwardt K. M., Rasch M. J. [et al.] A kernel two-sample test // Journal of Machine Learning Research. 2012. Vol. 13. P. 723–773.
13. Lee Y., Chen A. S., Tajwar F. [et al.] Surgical fine-tuning improves adaptation to distribution shifts // International Conference on Learning Representations (ICLR 2023). 2023. arXiv:2210.11466.
14. Guo Y., Li Y., Wang L., Rosing T. AdaFilter: adaptive filter fine-tuning for deep transfer learning // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2020. Vol. 34, no. 4. P. 4060–4066. DOI: 10.1609/aaai.v34i04.5824.
15. Wilson G., Cook D. J. A survey of unsupervised deep domain adaptation // ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology. 2020. Vol. 11, no. 5. P. 1–46. DOI: 10.1145/3400066.
16. Fernandes Montesuma E., Mulas M., Mboula F. [et al.] Benchmarking domain adaptation for chemical processes on the Tennessee Eastman process // Communications in Computer and Information Science. Cham: Springer, 2026. P. 307–322. DOI: 10.1007/978-3-032-25305-7_21.
17. Downs J. J., Vogel E. F. A plant-wide industrial process control problem // Computers & Chemical Engineering. 1993. Vol. 17, no. 3. P. 245–255. DOI: 10.1016/0098-1354(93)80018-I.
18. Reinartz C., Kulahci M., Ravn O. An extended Tennessee Eastman simulation dataset for fault-detection and decision support systems // Computers & Chemical Engineering. 2021. Vol. 149. Art. 107281. DOI: 10.1016/j.compchemeng.2021.107281.
19. Bathelt A., Ricker N. L., Jelali M. Revision of the Tennessee Eastman process model // IFAC-PapersOnLine. 2015. Vol. 48, no. 8. P. 309–314. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.08.199.
20. Tennessee Eastman Process Domain Adaptation [Электронный ресурс] // Kaggle. URL: https://www.kaggle.com/datasets/eddardd/tennessee-eastman-process-domain-adaptation (дата обращения: 16.09.2026).
21. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // Neural Computation. 1997. Vol. 9, no. 8. P. 1735–1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
22. Dexiv. AFT: adaptive fine-tuning experiment on Tennessee Eastman process data [Электронный ресурс] // GitHub. URL: https://github.com/Dexiv/aft-tep-transfer-learning (дата обращения: 16.09.2026).

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-108-111

ТАСНИФОТИ КАЛИМОТИ ИӢКТИБОСИИ ФАРОНСАВЇ ДАР ЗАБОНИ ФОРСЇ

ДЖУМАЕВ ТУЙЧИБОЙ БОКИЕВИЧ
Кандидат филологических наук, дотсент факультета языков Азии и Европы,
Таджикский национальный университет

Аннотация. *В данной статье анализируются и обсуждаются вопросы классификации французских заимствований в различных областях персидского языка. В ходе анализа и исследования французских заимствований в персидском языке и способов их заимствования были изучены надежные источники. Большое количество слов из различных областей вошло в этот язык, заполнив пробелы и став исконными словами персидского языка. Процесс заимствования французских слов в персидский язык продолжался и в средние века, и важную роль в этот период сыграли термины из области искусства и культуры, музыки, военной и пищевой номенклатуры. Объяснение и анализ французских заимствований в персидском языке были изучены и исследованы учеными в этой области, что еще раз доказывает, что персидский язык заимствовал много слов из французского, и эти слова до сих пор используются в повседневной жизни.*

Ключевые слова: *заимствование, теория, литература, образование, военное дело, аксессуар, культура, элемент, норма, терминология, политический, технологический, кулинарный.*

Калимаҳои фаронсавї тақрибан ду аср аст дар забони форсӣ ворид шудаанд, зиёданд ва ҳамоно бо ҳар шароите ворид мешаванд. Истифодаи васеи ин калимаҳо дар байни суханварони форсӣ баъзан онҳоро ба назар табиати маҳаллӣ ва табиати забонї медиҳад, то ҷое ки мардумони мањаллии Эрон, бе донистани аслияти онҳо, онҳоро ҷузъи луғати форсӣ мешуморанд. Аммо воқеият нопадид намешавад, як назари љиддї адохтани ба забони гуфтугуи ҳар фард ва маводи нашргардида, нишон медиҳад, ки љузъиёти калимоти истифодашаванда хориҷӣ ва ғайримаҳаллӣ мебошанд.

Барои фаҳмидани тағйироти ин калимаҳо дар муҳити дигари забонӣ, ки забони форсї аст, кӯшиш ба харљ дода мешавад, ки бар асоси унсурњои фонетикӣ, семантикӣ ва иҷтимоӣ таҳлил гарданд.

Ингуна вомвожањои иӣктибосии ба забон ворид гардида, дар баъзе соҳаҳои ҳаёти мо ҷой гирифта ва ҳатто баъзе соҳаҳоро пурра фаро мегиранд. Баъзе калимаҳо то ҳадде асли форсӣ гирифтаанд, ки ҷудо кардани онхо аз забони асл хеле душвор мебошад. Азбаски луғати фаронсавӣ дар форсӣ васеъ истифода мешавад, саволҳои зерин ба миён меояд:

Вақте калимаҳо ворид шуданд, оё тағйири семантикӣ (маъноӣ) ёфтанд?

Оё забони форсӣ дар тӯли вақт муваффақ шуд, ки бархе баробарҳои ин калимаҳои хориҷиро эҷод кунанд?

Оё ин калимаҳо аз ҷониби ҳамаи қабатҳои иҷтимоӣ истифода мешаванд?

Роњњои инкишоф ва пешрафти он калимаҳое, ки дар забони мо боқӣ мондаанд, чӣ гуна аст?

Дар тамоми забонњои дунё, дар мавриди калимањои иӣктибосї таҳлил нишон медиҳад, ки тағйироти семантикии калимаҳо вуљуд дорад.

Аз назари донишмандон, наӣкши иӣктибосро чунин фањмидан мумкин аст: «Наӣкши иӣктибос дар забонњои мухталиф якхела нест ва он вобаста ба шарту шароити мушаххаси таърихи дар рушди њар як забон мухталиф мебошад» [1, с.207].

Зимни омӯзиш маълум гардид, ки Академияи забони форсӣ кӯшиш мекунад бархе калимаҳои хориҷиро баробариҳои маҳаллӣ диҳад, махсусан дар даҳсолаҳои охир ва баъди Инқилоб бо талаботи иҷтимоӣ, сиёсӣ ва фарҳангии давлат. Навъи калимаҳои фаронсавӣ ва соҳаи истифодаи онҳо бо қабати иҷтимоие, ки онҳоро истифода мебарад, рабт дорад.

Баъзе калимаҳо бе тағйир монда, ҷузъи луғати рӯзмарра ва маъмулӣ шуда, дар ҳабатњои забон ба таври зич алоҳаманд гардидаанд. Илова бар ин, баъзе пешвандњо ва пасвандҳо низ қисми калимаҳои воридшуда аз забони фаронсавӣ мебошанд. Ин луғат инчунин сарчашмаи як қатор ифодоти феълӣ мебошад, ки дар он исми забони фаронсавӣ бо феъл ё калимаи форсӣ муттаҳид шудааст.

Як ҷиҳати ҷолиби дигар он аст, ки баъзе калимаҳо хусусияти байналмилалӣ доранд: онҳо тавонистаанд бо нигоҳ доштани талаффузи асосӣ, дар сатҳи ҷаҳонӣ истифода шаванд, новобаста аз забони истифода. Дар ин замина, ҷанбаҳои бисёрмаъноии ин калимаҳоро низ набояд нодида гирифт.

Аз ин рӯ, ба андешаи Бодуэн де Куртен « … нест ва нахоњад буд забоне, ки дар он калимоти бегона вуљуд надошта бошад» [2, с. 89].

Аввалан, таҷриба ва донишҳои луғатшиносии форсӣ асоси таҳқиқ мебошанд, пас мо барои тасдиқи дурустии ҷамъоварӣ луғатҳои якзабона мисли Le Petit Robert (2023) ва Le Robert Méthodique (2015)-ро истифода бурдем.

Дар аввал, асоси таҳқиқ аз луғатшиносии форсӣ ва таҷрибаҳои эмпирикии мо бармеояд. Пас, барои санҷиши дуруст ва комил ҷамъоварии маълумот луғатҳои якзабона мисли Le Petit Robert (2023) ва Le Robert Méthodique (2015)-ро истифода бурдем.

Тавре забоншинос Ќ. Ш. Тўрањасанов ќайд менамояд, воридшавии истилоњоти байналмилалї барои ѓановатмандшавии захираи луѓавї мусоидат менамояд [4, с.68-73].

Дар соҳаи васеи калимаҳои иқтибосї аз ҳар забон, асарҳо, мақолаҳо, корҳои таньќиќотии илмї мавриди пажуњиш ќарор мегиранд. Маводњои дар зер пешнињод гардида марбути иқтибос буда, бори дигар бар он далолат менамоянд, ки мавзуи истилоњоти иқтибосї доманадор буда, дар тамоми забонњои дунё ба чашм мерасад. Маќолањои зер тасдиќи ин гуфтањо мебошанд.

1. «Les emprunts lexicaux français en persan contemporain : éléments pour une réflexion en vue d'une didactique du FLE en milieu universitaire iranien» Мавзуи мазкур унвони рисолаи докторӣ мебошад, ки соли 2007 дар Донишгоҳи Марк Блок (Marc Bloch), Страсбург, пешниҳод шудааст. Муаллиф ба таъсири калимаҳои фаронсавӣ бар донишҷӯёни эронӣ, ки дар донишгоҳ забони фаронсавӣ меомӯзанд, диққат додааст. Ӯ истифодаи ин калимаҳоро «ҳамҷаворӣ ё конвергенсияи луғатӣ» номидааст.

2. «L'étude de la sonorité des consonnes labiales employées dans le groupe CC en position finale d.e la syllabe CVCC (le cas du lexique pur et emprunté en persan contemporain)» (Shahverdi ва ҳамкорон, 2022, Language Related Research). Ин мақола ба таъсири калимаҳои иқтибосшуда дар гурӯҳҳои консонантӣ, ки дорои консонанти лабӣ мебошанд, диққат медиҳад. Натоиҷи таҳқиқ нишон медиҳад, ки луғати асли форсӣ ва луғати иқтибосшуда дар тартиби консонантҳо ва интихоб кардани ядрои истилоҳ фарқияти куллӣ доранд.

3. «L'étude de l'emploi des emprunts dans la langue orale en persan» (Fariba Ghatreh ва ҳамкорон, 2022, Language Related Research). Дар ин таньқиқот калимаҳои иқтибосї дар забони шифоҳӣ таҳлил шуда, ба ҷанбаҳои семантикӣ, когнитивӣ ва иҷтимоӣ аҳамият дода шудааст.

4. «Les calques dans les Pratiques Langagières au Québec : Témoignage de la Presse» (Hadi Dolatabadi, 2021, Recherche en Langue et Littérature Françaises). Ин таньқиқот ба таъсири забони англисӣ дар забони фаронсавии канадиягӣ ба калимаҳо ва ибораҳои воридшуда таваҷҷуҳ мекунад. Манбаи таҳқиқ рӯзномаи канадиягӣ — Le Journal de Montréal ва Le Soleil мебошанд.

Ҳамчунин, Ризка Аю Приньандани (Rizka Ayu Prihandani) ва ҳамкорони ӯ (2021) дар мақолаи «Phonological Processes of English Loanwords From French: A Transformational Generative Phonology Approach» тағйироти фонетикии калимаҳои фаронсавӣ дар забони англисиро таҳлил кардаанд. Натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки ассимилиятсия (ҳамҷаворӣ), нейтрализатсия, тағйири сохтори мулоим, қавӣ ва заиф кардани садоҳо бештар аз ҳама дар раванди ҳамҷаворӣ ба назар мерасанд.

Ҳамчунин мақолае оид ба калимаҳои фаронсавӣ дар форсӣ пайдо шуд, ки аз ҷониби Озода Шарифи Муќаддам (Azadeh Sharifi Moghaddam) ва ҳамкоронаш (2013) таҳия шудааст. Мақола бо забони англисӣ аст ва унвони он: Муаллифон тағйироти семантикии калимаҳои фаронсавӣ дар форсиро таҳқиқ кардаанд. Ба ақидаи онҳо, ин калимаҳо метавонанд дар маънои аслии худ, маънои нисбӣ ё дар ҳар ду маъно тағйир ёбанд.

Ҳамин гуна таҳқиқот нишон медиҳад, ки масъалаи воридшавии калимаҳои иќтибосї аз таҳлили фонетикӣ то тағйироти семантикӣ ва ҷанбаҳои дидактикӣ, тарҷумавӣ ва забони аслии калимаҳо фаронсавӣ, арабӣ ва англисӣ хеле гуногун аст.

Ба ақидаи Генри Бонар (Henri Bonnard), « Иќтибос дар ҳар замон ба амал меояд ва аз манобеи гуногун гирифта мешавад». Калимаҳо аз забонҳои арабӣ, итолиёвӣ, англисӣ, лотинӣ ва юнонӣ ба забони фаронсавӣ ворид шудаанд ва фаронсавӣ низ шумораи зиёди калимањоро ба забонњои дигар додааст, ки мо онњоро дар маколањои алоњида тањлилу баррасї намудем.

Сабабҳои истифодаи иќтибос чунинанд:

Ҳангоми набудани калимоти мувофиќ дар забони иќтибосгиранда, дар муносибатҳои иҷтимоӣ, иқтисодӣ, илмӣ, сиёсӣ, фарҳангӣ ва ғайра, калимаҳои иќтибосї барои пур кардани ҷойҳои холигии забон истифода мешаванд. Мустамлика ва ҳамлаи фарҳангӣ низ сабаби воридоти калимаҳои хориҷӣ ба забон мебошанд.

Он чизеро ки марбут ба сабабҳои иҷтимоии иќтибосот ва масъалаи мухталифи сатњи истифодабарии калимаҳои иќтибосӣ мебошад, мавриди назар ќарор гирифта, раванди истифодаи онњо дар љараёни нуткї шифоњї ва нутќи гуфтугуи аён мегардад. Дар мадди аввал мавриди истифодабарии калимањои иќтибосї дар сатњи як забон ва баъдан убури марзњо ва расидани онњо ба љомеаи ҷаҳонии беруна ва мутобиќшавии онњо дар забон/фарҳанг барои навсозӣ ва бой гардонидани забонњо хизмат менамоянд.

Ҳамин тавр, луғатшиносон се ҷанба — семантикӣ, фонетикӣ ва иҷтимоиро муайян мекунанд, ки дар таҳлили калимаҳои фаронсавӣ дар забони форсӣ назаррас мебошад.

Исмонов К. дар маќолаи хеш зери унвонии «Саёњат ва бозгашти калимањо» афкори олим Рамазон Абдуттаввобро чунин меорад. « Вожа аз ватани аслии худ мебарояд ва забони дигар онро иќтибос мекунад. Сипас он вожа пусти худро дигаргун месозаду либоси он миллатро мепўшад, ба ин маъно, ки овозњояш табдил меёбаду сохтараш таѓйир мепазирад, то бо сохтори забони иќтибоскарда созгор гардад» [5, с.9-14].

Калимаҳои фаронсавӣ дар забони форсӣ дар соҳаҳои гуногун мавриди истифода ќарор гирифта, онњоро метавон ба таври мухтасар ба гурўњњои зерин табаќабандї намуд.

Аксессуар: casquette, collier, cravate, écharpe, papillon, pochette
Маъмурият: bureaucratie, casier, classeur, paraphe, taper (verbe), projet
Меъморӣ: appartement, balcon, béton, fondation, maquette, salon
Санъат ва фарҳанг: atelier, cinéma, comédie, film, galerie, musique
Зебоӣ: bigoudi, coupe, chignon, crème, manucure/pédicure, mise en pli
Дӯзандагї: broderie, crêpe, dentelle, faufilée, mode, mannequin, plissé
Иқтисод: banque, bilan, bon, boutique, budget, chèque, commission, pourcent
Таълим: bourse, classe, conférence, diplôme, institut, professeur
Мебел ва асбобҳо: buffet, canapé, commode, coussin, lampe, meuble
Гигиена ва маводи гигиенӣ: brosse, douche, gel, lotion, savon, toilette
Ҷойҳои оммавӣ: boulevard, cabaret, garage, hôtel, parc, restaurant
Адабиёт: comédie, naturalisme, réalisme, roman, séance, théâtre
Тиб: ambulance, angine, césarienne, endoscopie, grippe, règles
Ҳарбӣ: bombe, coup d'État, dynamite, hélicoptère, mine, tank [7, с. 123-141]

Хулоса ин номгўйи мухтасар метавонад паҳншавии калимаҳои иќтибосии фаронсавӣ дар ҳаёти рӯзмарраи эрониёнро нишон диҳад. Аз миёни ин калимаҳо баъзеҳо то андозае чун узви табиӣ ва аслӣ дар луғати форсӣ ҷой гирифтаанд, ки ба осонӣ фарқ намеёбанд. Дар бахшҳои оянда, мо тағйироти ин калимаҳоро аз нигоҳи семантикӣ, фонетикӣ ва иҷтимоӣ таҳлил мекунем.

АДАБИЁТ

1. Арнолд И. В. Лексикология современного английского языка/ И. В Арнолд. – М.: Иностр.лит, 1959. – 351с.
2. Бодуэн де Куртен. О смешанном характере всех языков. В кн: Избранные труды по общему языкознанию / Куртен де Бодуэн. Москва: Изд-во АН СССРб. 1963. т. 1. – 576 с.
3. Исмонов К. Б., Саломов А. Љ. Сайёњат ва бозгашти вожањо. / К. Исмонов, А. Саломов // Паёми Донишгоњи миллии Тољикистон. Бахши илмњои филологї. 2025. – №4. – С. 9-14.
4. Турањасанов Ќ. Ш. Семантико-синтаксические способы медицинского терминообразования таджикского языка. Вестник Таджикского национального университета. Серия филологических наук. 2019. – №3. – С. 68-73.
5. Larousse P. Le Petit Larousse illustré / P. Larousse. – Paris: Larousse, 2004. –1874p.
6. Le Robert. Dictionnaire de la langue française / Robert Le. – Paris: Hachete, 1993. – 2467 p.
7. Florence Monier. Dictionnaire de l'Académie française/ Monier Florence. – Paris: Hachette, 2024, vol. 1. – 1987 p.

ӘОЖ 37.016 : 661.185 : 371.185.5
DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-112-115

БЕТТІК АКТИВТІ ЗАТТАР ТАРАУЫН ОҚЫТУДА СТУДЕНТТЕРДІҢ ЗЕРТТЕУШІЛІК ДАҒДЫЛАРЫН ДАМЫТУ

ЕРҒАЛИ АРАЙЛЫМ ҒАНИҚЫЗЫ
Магистрант, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті

Ғылыми жетекшісі **-БАЛЫҚБАЕВА Г.Т. Х.Ғ.К.**
Қызылорда, Қазақстан

Аңдатпа. *Мақалада аниондық және катиондық беттік активті заттарды (БАЗ) контекстік оқыту арқылы меңгертудің зерттеушілік дағдыларды дамыту мүмкіндіктері қарастырылды. 2018-2024 жылдардағы еңбектерге шолу жасалып, контекст ретінде жуғыш құралдар, сусабындар, дезинфекциялаушы өнімдер және мата жұмсартқыштар алынды. Контекстік жүйе «шынайы жағдай - зерттеу сұрағы - химиялық ұғым - эксперимент - деректерді талдау - контекске қайта оралу» логикасымен негізделді. Аниондық БАЗ үшін SDS ерітінділерінің беттік керілуі мен КМТ-сын, катиондық БАЗ үшін иондық БАЗ мицеллаларын кондуктометриялық зерттеу мысалдары талданды. Ұсынылған тәсіл мәселе қою, болжам жасау, айнымалыларды бақылау, графиктік талдау және дәлелді қорытынды жасау дағдыларын бір мазмұнда біріктіреді.*

Тірек сөздер: *беттік активті заттар, аниондық БАЗ, катиондық БАЗ, контекстік оқыту, зерттеушілік дағдылар, химияны оқыту, мицелла түзілуі.*

РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ ПРИ КОНТЕКСТНОМ ОБУЧЕНИИ АНИОННЫМ И КАТИОННЫМ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМ ВЕЩЕСТВАМ

Аннотация. *Рассмотрено контекстное обучение анионным и катионным ПАВ на основе публикаций 2018-2024 гг. Моющие средства, шампуни, дезинфицирующие продукты и кондиционеры для тканей используются как исходные контексты, которые переходят в исследовательский вопрос, химические понятия, эксперимент и доказательное объяснение.*

Ключевые слова: *поверхностно-активные вещества, анионные ПАВ, катионные ПАВ, контекстное обучение, исследовательские навыки.*

DEVELOPING STUDENTS' RESEARCH SKILLS THROUGH CONTEXT-BASED TEACHING OF ANIONIC AND CATIONIC SURFACTANTS

Abstract. *Peer-reviewed studies from 2018-2024 were synthesized to propose context-based teaching of anionic and cationic surfactants. Authentic product contexts are linked to research questions, molecular concepts, measurable properties and evidence-based explanations, supporting experimental planning, data analysis and transfer of chemical knowledge.*

Key words: *surfactants, anionic surfactants, cationic surfactants, context-based learning, research skills, chemistry education.*

Кіріспе. Контекстік оқыту (context-based learning) химиялық ұғымды дайын анықтамадан емес, студентке таныс немесе кәсіби маңызы бар жағдайдан бастап меңгертеді. Қазіргі шолулар мұндай оқыту когнитивтік, аффективтік, психомоторлық және әлеуметтік нәтижелерге оң ықпал етуі мүмкін екенін және контекст сабақтың басында ұсынылып, студент әрекетін ұйымдастыруы керектігін көрсетеді [1]. Университет химиясында контекст студенттің химиялық тілді жаңа жағдайға көшіруіне және механизмдік түсіндіруіне ықпал

ететіні анықталған [2]. БАЗ тарауы осы тәсілге қолайлы, өйткені оның мазмұны жуғыш заттар, жеке күтім, дезинфекция және өндірістік өнімдермен тікелей байланысты. Мақаланың мақсаты - аниондық және катиондық БАЗ тақырыптарын контекстік оқыту жүйесімен түсіндірудің әдістемелік негіздерін жүйелеу және зерттеушілік дағдыларды дамыту мүмкіндігін көрсету.

Негізгі мәтін. Контекстік оқытуда тұрмыстық жағдай химиялық мазмұнға кіретін бастапқы мәселе болады. БАЗ тақырыбын «Неліктен бір өнім майлы ластануды кетіреді, ал екіншісі дезинфекциялау немесе матаны жұмсарту үшін пайдаланылады?» деген сұрақтан бастауға болады. Студент өнім заттаңбасындағы БАЗ атауларын іздеп, олардың қызметін болжайды; кейін молекуланың амфифильді құрылысы, гидрофобты бөлік және гидрофильді бас топ ұғымдары енгізіледі. Аниондық БАЗ-да гидрофильді топ теріс, катиондық БАЗ-да оң зарядталған. Заряд пен молекулалық құрылым олардың интерфейстерде адсорбциялануына, басқа бөлшектермен әрекеттесуіне және қолданылу бағытына әсер етеді [8, 9].

Аниондық БАЗ-ды оқытуда жуғыш құралдар мен сусабындар контексті тиімді. Натрий додецилсульфаты (SDS) су-ауа және су-май шекарасында адсорбцияланып, беттік керілуді төмендетеді және белгілі концентрациядан кейін мицелла түзеді. Сондықтан «SDS концентрациясы артқанда беттік керілу қалай өзгереді және КМТ қай аймақта байқалады?» деген сұрақ контексті зерттеуге айналдырады. Alkawareek және әріптестері жанасу бұрышын өлшеу арқылы БАЗ-дың КМТ-сын анықтайтын оқу тәжірибесін сипаттаған [5], ал Gascon және әріптестері SDS ерітінділерінің беттік керілуінен КМТ мен адсорбциялық шамаларды есептеуді ұсынған [6]. Контекстік сабақта студент концентрациялар қатарын талдап, графиктен заңдылықты анықтайды және нәтижені жуғыш өнімнің қызметімен байланыстырады.

Катиондық БАЗ үшін дезинфекциялаушы өнімдер мен мата жұмсартқыштар контексті қолданылады. Катиондық БАЗ-дардың кең тараған тобы төртіншілік аммоний бас тобын қамтиды және олар дезинфекция, беттерді өңдеу, жеке күтім мен мата жұмсартуда қолданылады [9]. Мұнда «Неліктен катиондық БАЗ-дың қызметі аниондық БАЗ-дан өзгеше және заряд бұл айырмашылықты қалай түсіндіреді?» деген сұрақ қойылады. Zhang және әріптестері катиондық 1-тетрадецил-3-метилимидазолий бромидінің мицелла түзілуін кондуктометрия және калориметрия арқылы зерттейтін студенттік тәжірибені жетілдірген [7]. Бұл жұмыс контекстік оқытуды тікелей зерттемейді, бірақ оның эксперименттік негізін катиондық БАЗ контекстіне бейімдеуге болады: студент электрөткізгіштік-концентрация графигінен КМТ-ны анықтап, қателерді талдайды және деректі молекуланың өзін-өзі ұйымдастыруымен байланыстырады.

Осы мазмұнды алты кезеңмен ұйымдастыру ұсынылады: 1) шынайы контекст; 2) зерттеу проблемасы; 3) қажетті химиялық ұғымдар; 4) эксперимент немесе деректерді зерттеу; 5) нәтижені бастапқы контекске қолдану; 6) рефлексия және жаңа жағдайға көшіру. Мысалы, сабақ соңында белгісіз өнімнің құрамындағы БАЗ түрін анықтап, оның қызметін заряд, адсорбция және мицелла түзілуі арқылы түсіндіру тапсырылады. «Тазалау химиясын» контекстік оқыту жұмысы білім алушылардың өнімдердің қалай жұмыс істейтінін ғылыми әдіспен зерттеуіне мүмкіндік берген [3]. Университеттік зертханада контекстік тапсырма студенттер үшін оқу тәжірибесінің мағыналылығын арттырған [4].

Зерттеу материалдары мен әдістемесі. Мақала әдеби шолу және әдістемелік синтез түрінде орындалды. 2018-2024 жылдардағы рецензияланған жарияланымдарға басымдық берілді. Іздеу «context-based chemistry learning», «chemistry of cleaning», «surfactant undergraduate experiment», «anionic surfactant», «cationic surfactant», «critical micelle concentration» бағыттарымен жүргізілді. Талдауға химиядағы контекстік оқыту нәтижелерін зерттейтін еңбектер және БАЗ қасиеттерін студенттік зертханада зерттеуге арналған жұмыстар енгізілді. Дәл аниондық және катиондық БАЗ-ды контекстік оқыту арқылы зерттеушілік дағдыларға әсерін тікелей бағалаған жоғары оқу орны зерттеулері шектеулі

болғандықтан, ұсынылған жүйе бірнеше бағыттағы деректердің әдістемелік синтезі ретінде қарастырылады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Шолу үш негізгі қорытындыға әкеледі. Біріншіден, контекст химиялық мазмұнды ашатын нақты проблема болуы тиіс: жуғыш өнімдер аниондық БАЗ-ды, ал дезинфекциялаушы өнімдер мен мата жұмсартқыштар катиондық БАЗ-ды түсіндіруге мүмкіндік береді. Екіншіден, контекст міндетті түрде зерттеу сұрағына айналуы керек. Студент «аниондық және катиондық БАЗ ерітінділерінің өлшенетін қасиеттері қалай өзгереді?» немесе «концентрация КМТ-ға дейін және кейін қандай өзгеріс береді?» деген сұрақтар арқылы айнымалыларды анықтап, дерек жинау логикасын құрады. Үшіншіден, эксперименттен кейін нәтиже бастапқы өнімнің қызметін түсіндіруге қайта қолданылуы қажет; осы қайтарым болмаған жағдайда контекст жай иллюстрация болып қалады. Контекстік химия жөніндегі зерттеулер орынды таңдалған қолданбалы жағдай мен студенттің белсенді әрекетін негізгі шарттар ретінде көрсетеді [1-4].

Зерттеушілік дағдыларды бағалауда алты көрсеткіш ұсынылады: контексттен мәселе шығару, химиялық болжам құру, айнымалыларды анықтау, деректерді кесте және графикпен өңдеу, өлшеу шектеулерін түсіндіру және қорытындыны бастапқы жағдаймен байланыстыру. Осылайша студенттің БАЗ түрін атауы ғана емес, заряд пен молекулалық құрылымның өлшенген қасиет пен өнім қызметіне қалай байланысатынын дәлелдеуі бағаланады. БАЗ-дың тұрмыстық және өндірістік қолданысы олардың қоршаған ортаға түсу мәселесін де туындатады; сондықтан ағын судағы БАЗ контексін кейінгі зерттеу тапсырмасы ретінде қолдануға болады [8].

Қорытынды. Аниондық және катиондық БАЗ-ды контекстік оқыту «құрылым - қасиет - қолданылу - зерттеу - дәлел» байланысын бір жүйеге біріктіреді. Жуғыш құралдар мен сусабындар аниондық БАЗ-ды, дезинфекциялаушы өнімдер мен мата жұмсартқыштар катиондық БАЗ-ды түсіндіретін мазмұндық контекст бола алады. Беттік керілу, жанасу бұрышы және электрөткізгіштік тәжірибелері контексттен туған сұрақты сандық дерекпен тексеруге мүмкіндік береді. Сондықтан контекст сабақтың мотивациялық кіріспесі ғана емес, зерттеу сұрағын құратын және нәтижені түсіндіруге қайта пайдаланылатын негізгі компонент болуы керек. Арнайы осы тақырыптағы тікелей эмпирикалық зерттеулер шектеулі болғандықтан, болашақ жұмыстар ұсынылған модельдің эксперименттік дизайн, деректерді интерпретациялау және білімді жаңа контекске көшіру дағдыларына әсерін бағалауы қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Minata Z.S., Rahayu S., Dasna I.W. Context-Based Chemistry Learning: A Systematic Literature Review // Jurnal Pendidikan MIPA. 2022. Vol. 23, No. 4. P. 1446-1463. DOI: 10.23960/jpmipa/v23i4.pp1446-1463.
2. Sevian H., Hugi-Cleary D., Ngai C., Wanjiku F., Baldoria J.M. Comparison of learning in two context-based university chemistry classes // International Journal of Science Education. 2018. Vol. 40, No. 10. P. 1239-1262. DOI: 10.1080/09500693.2018.1470353.
3. Giammatteo M.T.L., Valdivia A.E.O. Introducing Chemistry of Cleaning through Context-Based Learning in a High-School Chemistry Course // American Journal of Educational Research. 2021. Vol. 9, No. 6. P. 335-340. DOI: 10.12691/education-9-6-2.
4. Mundy C.E., Nokeri B.K. Investigating the Effects of a Context-Based Laboratory Exercise for Meaningful Learning // Journal of Chemical Education. 2024. Vol. 101, No. 8. P. 3118-3125. DOI: 10.1021/acs.jchemed.3c01260.
5. Alkawareek M.Y. et al. Simple Experiment to Determine Surfactant Critical Micelle Concentrations Using Contact-Angle Measurements // Journal of Chemical Education. 2018. Vol. 95, No. 12. P. 2227-2232. DOI: 10.1021/acs.jchemed.8b00276.
6. Gascon K.N., Weinstein S.J., Antoniades M.G. Use of Simplified Surface Tension Measurements To Determine Surface Excess: An Undergraduate Experiment // Journal of Chemical Education. 2019. Vol. 96, No. 2. P. 342-347. DOI: 10.1021/acs.jchemed.8b00667.
7. Zhang Q. et al. Examination and Improvement of Undergraduate Laboratory Experiment: Thermodynamics of a Surfactant Micellization // Journal of Chemical Education. 2020. Vol. 97, No. 12. P. 4490-4498. DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c00886.
8. Badmus S.O., Amusa H.K., Oyehan T.A., Saleh T.A. Environmental risks and toxicity of surfactants: overview of analysis, assessment, and remediation techniques // Environmental Science and Pollution Research. 2021. Vol. 28. P. 62085-62104. DOI: 10.1007/s11356-021-16483-w.
9. Gonçalves R.A., Holmberg K., Lindman B. Cationic surfactants: A review // Journal of Molecular Liquids. 2023. Vol. 375. Article 121335. DOI: 10.1016/j.molliq.2023.121335.

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-116-124
УДК: 330.34:004

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

ДЖАМИЛЬЗАДЕ ШАХЛА ВЕКИЛ
Сумгаитский государственный университет
старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета и экономики,
доктор философии по экономике
Сумгаит, Азербайджан

Аннотация. *В современных условиях цифровая экономика стала одним из ключевых факторов, определяющих развитие глобальной экономической системы. Стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий, трансформируя формы экономической деятельности, создало новые возможности в сферах производства, услуг, управления и социальных отношений. Цифровая трансформация способствует не только повышению экономической эффективности, но и росту социального благосостояния, развитию человеческого капитала и формированию новых возможностей занятости.*

В статье исследуются сущность цифровой экономики, её влияние на процессы социально-экономического развития и перспективы дальнейшего развития. В рамках исследования анализируются изменения, обусловленные внедрением цифровых технологий в сферах экономического роста, инновационной деятельности, рынка труда и государственного управления. Наряду с этим рассматриваются основные проблемы, препятствующие цифровому развитию, в том числе цифровое неравенство, информационная безопасность и подготовка человеческого капитала к новым условиям.

Ключевые слова: *цифровая экономика, социально-экономическое развитие, цифровая трансформация, инновации, человеческий капитал, экономический рост, информационные технологии, цифровизация.*

PROSPECTS FOR SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT IN THE DIGITAL ECONOMY

SHAHLA VAKIL JAMILZADE
Sumgait State University
Senior Lecturer, Department of Accounting and Economics,
PhD in Economics, Sumgait, Azerbaijan

Abstract. *In the modern era, the digital economy has become one of the key factors shaping the development of the global economic system. The rapid advancement of information and communication technologies has transformed traditional forms of economic activity and created new opportunities in production, services, management, and social relations. Digital transformation contributes not only to greater economic efficiency but also to improved social well-being, the development of human capital, and the creation of new employment opportunities.*

The article examines the essence of the digital economy, its impact on socio-economic development processes, and its future prospects. The study analyzes the changes resulting from the introduction of digital technologies in the areas of economic growth, innovation, the labor market, and public administration. It also considers the main challenges to digital development, including the digital divide, information security, and the development of human capital capable of adapting to the new digital environment.

Key words: *digital economy, socio-economic development, digital transformation, innovation, human capital, economic growth, information technology, digitalization.*

Введение

В современной системе глобальных экономических отношений процессы цифровизации стали одним из ключевых направлений экономического развития. Стремительное развитие информационных технологий и интеграция цифровых решений в экономическую деятельность существенно изменили механизмы функционирования предприятий, производственные процессы и методы управления.

В отличие от традиционной экономической модели, цифровая экономика представляет собой экономическую систему, в которой данные, инновации и технологические возможности выступают в качестве основных ресурсов. В этих условиях данные рассматриваются не только как средство передачи информации, но и как важнейший фактор создания экономической стоимости.

Развитие цифровой экономики предоставляет предприятиям возможности выхода на новые рынки, снижения производственных издержек, совершенствования процессов управления и повышения качества предоставляемых потребителям услуг. Одновременно расширение электронных услуг в сфере государственного управления и внедрение цифровых платформ создают условия для более эффективной организации социально-экономических отношений.

В современных условиях конкурентоспособность стран определяется не только наличием природных ресурсов и финансовых возможностей, но также уровнем технологического развития, инновационным потенциалом и качеством человеческого капитала. В связи с этим цифровая экономика стала важным компонентом стратегий социально-экономического развития.

Процессы цифровой трансформации, формируя новые источники экономического роста, одновременно приводят к существенным изменениям на рынке труда. Появление новых профессий, повышение спроса на цифровые навыки и автоматизация рабочих процессов способствуют формированию новых форм трудовых отношений.

Сущность и основные характеристики цифровой экономики

На современном этапе экономического развития цифровая экономика выступает одним из ключевых элементов новой системы экономических отношений. Цифровая экономика представляет собой экономическую модель, основанную на широком применении информационно-коммуникационных технологий, использовании данных в качестве важнейшего экономического ресурса и осуществлении экономической деятельности посредством цифровых платформ.

Если в традиционных экономических системах основными факторами производства считались земля, труд и капитал, то в условиях цифровой экономики на первый план в качестве стратегических ресурсов выходят данные и знания. Сбор, обработка и анализ больших данных (Big Data) позволяют предприятиям принимать более обоснованные решения, прогнозировать изменения рыночной конъюнктуры и более точно изучать поведение потребителей.

Одной из основных характеристик цифровой экономики является ускорение и автоматизация экономических процессов. Современные технологии создают условия для оптимизации производственных процессов, снижения операционных издержек и повышения производительности. Используя цифровые решения, предприятия формируют более гибкие системы управления и быстрее адаптируются к изменяющимся рыночным условиям.

Другой важной особенностью цифровой экономики является расширение глобальных экономических связей. Интернет-технологии и цифровые платформы, снижая значение географических ограничений, предоставляют предприятиям возможности выхода на международные рынки. Электронная торговля, онлайн-услуги и цифровые платёжные системы сформировали новые формы экономических отношений.

Особое значение в развитии цифровой экономики имеет инновационная деятельность. Искусственный интеллект, облачные технологии, блокчейн, автоматизированные системы

управления и другие технологические инновации являются важнейшими инструментами повышения эффективности экономической деятельности. Эти технологии оказывают влияние не только на бизнес-процессы, но и на государственное управление и организацию предоставления социальных услуг.

Одним из важных элементов цифровой экономики являются цифровые платформы. Они формируют новые формы взаимодействия между производителями, потребителями и поставщиками услуг. Платформы электронной торговли, системы электронного банкинга и государственные электронные услуги способствуют более эффективной реализации экономических и социальных процессов [1].

Вместе с тем развитие цифровой экономики сопровождается определёнными проблемами. Одной из основных является цифровое неравенство. Неравные возможности доступа различных слоёв общества к современным технологиям могут способствовать дальнейшему усилению социальных различий. Поэтому цифровое развитие предполагает не только внедрение современных технологий, но и повышение уровня цифровых навыков и компетенций населения.

Другим важным вопросом является информационная безопасность. Широкое распространение цифровых систем повышает актуальность вопросов защиты информации, кибербезопасности и конфиденциальности персональных данных. Государство и предприятия должны внедрять современные механизмы обеспечения безопасности цифровой инфраструктуры.

Таким образом, цифровая экономика представляет собой не только технологическую трансформацию, но и новый этап развития экономических и социальных отношений. Её основная цель заключается в повышении экономической эффективности посредством использования современных технологий, создании новых возможностей и обеспечении устойчивого социально-экономического развития [2].

Влияние цифровой трансформации на социально-экономическое развитие

Цифровая трансформация, являясь одним из ключевых направлений современных процессов экономического развития, оказывает существенное влияние на организацию экономической деятельности и социальные отношения. В результате внедрения цифровых технологий процессы производства, предоставления услуг, управления и коммуникации становятся более гибкими и эффективными.

Одним из основных направлений воздействия цифровой трансформации на экономическое развитие является повышение производительности. Использование автоматизированных систем, инструментов анализа данных и цифровых средств управления позволяет предприятиям более эффективно использовать имеющиеся ресурсы. Это, в свою очередь, способствует снижению производственных издержек и повышению конкурентоспособности.

Цифровизация также оказывает существенное влияние на развитие предпринимательства. Малые и средние предприятия благодаря цифровым платформам получают доступ к более широким рынкам, укрепляют взаимодействие с клиентами и формируют новые бизнес-модели. Развитие электронной торговли расширяет возможности предпринимательской деятельности и создаёт условия для повышения экономической активности [3].

Цифровая трансформация привела к существенным изменениям и в сфере государственного управления. Развитие услуг электронного правительства сделало взаимодействие между государством и гражданами более прозрачным и оперативным. Предоставление государственных услуг в цифровой форме способствует сокращению временных затрат, упрощению управленческих процессов и повышению качества предоставляемых услуг.

С точки зрения социального развития цифровизация создаёт новые возможности в сфере образования, здравоохранения и других социальных областях. Онлайн-платформы для

обучения, электронные медицинские услуги и цифровые информационные ресурсы расширяют возможности доступа населения к различным видам услуг [4].

Однако социальные последствия цифровой трансформации не ограничиваются исключительно положительными эффектами. Стремительное развитие технологий может привести к снижению спроса на некоторые традиционные профессии. В связи с этим формирование новых навыков и развитие человеческого капитала становятся важнейшими условиями адаптации к изменениям на рынке труда.

Таким образом, цифровая трансформация является одной из важнейших движущих сил социально-экономического развития. Её эффективное осуществление создаёт условия для ускорения экономического роста, повышения уровня социального благосостояния и расширения конкурентных возможностей стран.

Роль цифровых технологий в процессах экономического роста и инновационного развития

В современных условиях экономического развития цифровые технологии стали одним из ключевых факторов экономического роста. Если в традиционных моделях экономического роста основное внимание уделялось эффективному использованию капитала, труда и природных ресурсов, то в условиях цифровой экономики инновации, данные и технологические возможности выступают в качестве важнейших факторов развития.

Одним из основных направлений воздействия цифровых технологий на экономический рост является повышение производительности труда. Использование современных информационных систем, автоматизированных механизмов управления и технологий искусственного интеллекта позволяет предприятиям более эффективно организовывать производственные процессы. Это, в свою очередь, обеспечивает возможность достижения более высоких результатов при использовании того же объёма ресурсов.

Цифровизация также оказывает существенное влияние на ускорение инновационных процессов. Новые технологии позволяют предприятиям создавать новые продукты и услуги, более точно оценивать потребности потребителей и адаптироваться к изменениям рыночной среды. Расширение инновационной деятельности, в свою очередь, считается одним из основных источников долгосрочного экономического роста.

В современных условиях цифровые технологии обусловили трансформацию бизнес-моделей. Наряду с традиционными формами деятельности широкое распространение получили электронная торговля, цифровые платформы, онлайн-услуги и бизнес-модели, основанные на данных. Эти новые формы экономической деятельности расширяют возможности предприятий по выходу на рынки и способствуют развитию конкурентной среды [5].

Влияние цифровых технологий на экономический рост не ограничивается частным сектором. Внедрение цифровых решений в государственное управление создаёт условия для более эффективного управления экономическими процессами. Системы электронного государственного управления, цифровые налоговые услуги и автоматизированные механизмы управления способствуют более эффективному использованию государственных ресурсов.

Особую роль в развитии цифровой экономики играют такие инновационные технологии, как искусственный интеллект, большие данные (Big Data), облачные технологии и Интернет вещей (IoT). Эти технологии позволяют предприятиям анализировать большие объёмы данных, совершенствовать процессы принятия решений и повышать эффективность своей деятельности.

Анализ больших данных является одним из важных инструментов, обеспечивающих предприятиям стратегические преимущества. Более точный анализ поведения потребителей, рыночных тенденций и конкурентной среды позволяет компаниям принимать более обоснованные управленческие решения. Это способствует более оптимальному распределению ресурсов и улучшению экономических результатов [6].

Цифровые технологии также создают новые инвестиционные возможности. Инвестиции в технологическую инфраструктуру способствуют увеличению производственного потенциала, созданию новых рабочих мест и повышению экономической активности. В этом контексте цифровизация рассматривается не только как технологический процесс, но и как важное направление стратегии экономического развития.

Вместе с тем для полной реализации положительного воздействия цифровых технологий на экономический рост необходимо обеспечить ряд условий. К ним относятся создание качественной цифровой инфраструктуры, повышение уровня цифровых навыков населения, формирование благоприятной инновационной среды и обеспечение информационной безопасности.

Таким образом, цифровые технологии играют важную роль в ускорении экономического роста и развитии инновационной деятельности. Страны и предприятия, эффективно использующие цифровые возможности, получают дополнительные конкурентные преимущества и формируют новые возможности для устойчивого развития.

Изменение рынка труда и значение человеческого капитала в условиях цифровой экономики

Цифровая экономика является одним из ключевых факторов, оказывающих существенное влияние на структуру рынка труда и организацию трудовых процессов. В результате развития технологий изменяются формы трудовой деятельности, возникают новые профессии, в то время как спрос на некоторые традиционные виды деятельности снижается.

Цифровизация прежде всего способствует повышению производительности труда и автоматизации рабочих процессов. Используя автоматизированные системы для выполнения различных операций, предприятия могут сократить временные и ресурсные затраты. Вместе с тем данный процесс приводит к формированию новых требований на рынке труда.

В современных экономических условиях от работников требуются не только профессиональные знания, но и цифровые навыки. Умение использовать компьютерные технологии, анализировать данные, работать с цифровыми платформами и адаптироваться к технологическим инновациям становится важным конкурентным преимуществом на рынке труда.

Человеческий капитал считается одним из важнейших ресурсов цифровой экономики. Независимо от уровня развития технологий для их эффективного использования необходимы квалифицированные и компетентные человеческие ресурсы. В связи с этим особое значение приобретает адаптация системы образования к новым требованиям рынка труда.

Цифровая экономика также создаёт условия для появления новых форм занятости. Например, дистанционная работа, электронные услуги, цифровое предпринимательство и деятельность посредством онлайн-платформ сформировали новые формы трудовой деятельности. Эти возможности открывают новые перспективы, особенно для молодёжи и специалистов, работающих в сфере технологий [7].

Вместе с тем процесс цифровизации может сопровождаться возникновением определённых социальных проблем. Лица, не обладающие необходимыми цифровыми навыками, могут столкнуться со снижением конкурентоспособности на рынке труда. Поэтому повышение цифровой грамотности и создание возможностей для непрерывного образования являются одними из важных направлений социально-экономического развития.

Таким образом, в условиях цифровой экономики развитие человеческого капитала становится одним из ключевых условий экономического роста. Человеческие ресурсы, способные адаптироваться к технологическим изменениям, обладающие инновационным мышлением и необходимыми цифровыми навыками, играют важную роль в обеспечении долгосрочного развития стран.

Направления и перспективы развития цифровой экономики в Азербайджане

Современные глобальные экономические процессы свидетельствуют о том, что цифровая трансформация стала одним из ключевых направлений стратегий социально-

экономического развития стран. В Азербайджане в последние годы также были предприняты важные шаги в направлении развития информационно-коммуникационных технологий, расширения электронных услуг и формирования цифровой экономики.

Развитие цифровой экономики имеет важное значение для диверсификации экономики Азербайджана, укрепления ненефтяного сектора, расширения предпринимательской деятельности и повышения уровня социального благосостояния населения. Внедрение современных технологий создаёт условия для более эффективного управления экономическими процессами, оптимального использования ресурсов и формирования новых экономических возможностей.

Одним из основных направлений цифровизации в Азербайджане является развитие электронных услуг в сфере государственного управления. Формирование системы электронного правительства позволило сделать доступ граждан к государственным услугам более простым и оперативным. Предоставление различных государственных услуг посредством цифровых платформ способствует повышению прозрачности управления, упрощению административных процессов и сокращению временных затрат [8].

Развитие цифровых государственных услуг также способствовало формированию новой модели взаимодействия между государством и гражданами. Если ранее для получения определённых услуг гражданам необходимо было обращаться в различные государственные органы, то в настоящее время многие услуги предоставляются в электронной форме. Этот процесс не только повышает удобство получения услуг гражданами, но и положительно влияет на эффективность государственного управления.

Особое значение для развития цифровой экономики в Азербайджане имеет цифровизация бизнес-сектора. Современные предприятия используют электронную торговлю, цифровой маркетинг, автоматизированные системы управления и анализ данных для более эффективной организации своей деятельности. Эти возможности создают условия для выхода на новые рынки, особенно для субъектов малого и среднего предпринимательства.

Цифровизация малых и средних предприятий является одним из важных направлений экономического развития. Цифровые технологии позволяют таким предприятиям расширять свою деятельность при относительно меньших затратах, увеличивать клиентскую базу и повышать конкурентоспособность. Благодаря платформам электронной торговли предприниматели получают доступ не только к внутренним, но и к международным рынкам [9].

Значительную роль в развитии цифровой экономики играет финансовый сектор, в частности банковская система. В результате развития цифрового банкинга в Азербайджане широкое распространение получили электронные платежи, мобильный банкинг и онлайн-финансовые услуги. Эти сервисы позволяют осуществлять финансовые операции быстрее, безопаснее и доступнее.

Развитие цифровых финансовых услуг также способствует повышению экономической активности. Более удобный доступ населения и предприятий к финансовым услугам способствует формированию более гибких и эффективных экономических отношений. В частности, развитие систем безналичных платежей способствует повышению прозрачности экономической деятельности и расширению финансового оборота.

Одним из важных направлений развития цифровой экономики в Азербайджане является также внедрение современных технологий в сельском хозяйстве и промышленности. Использование цифровых технологий в аграрном секторе позволяет повышать производительность, эффективнее использовать ресурсы и совершенствовать управление производственными процессами.

Например, технологии «умного» сельского хозяйства позволяют осуществлять мониторинг состояния земель, оптимизировать использование водных ресурсов и прогнозировать урожайность. Подобные подходы вносят существенный вклад в устойчивое развитие сельского хозяйства и обеспечение продовольственной безопасности.

В промышленном секторе цифровизация создаёт значительные возможности для автоматизации производственных процессов, повышения качества продукции и оптимизации производственных затрат. Внедрение современных систем управления на промышленных предприятиях способствует повышению их конкурентоспособности и облегчает интеграцию в международные рынки.

Особо следует отметить роль человеческого капитала в развитии цифровой экономики. Для внедрения технологий недостаточно только создания соответствующей технической инфраструктуры. Не менее важным является формирование и подготовка специалистов, обладающих необходимыми цифровыми навыками и компетенциями.

В этом контексте адаптация системы образования к требованиям цифровой экономики является одной из важнейших задач. Расширение знаний и компетенций в области информационных технологий, анализа данных, программирования и других цифровых направлений в университетах и учреждениях профессионального образования позволяет осуществлять подготовку кадров, соответствующих требованиям будущего рынка труда.

Перспективы развития цифровой экономики связаны с более широким применением искусственного интеллекта, больших данных (Big Data), облачных технологий и автоматизированных систем. В будущем эти технологии будут играть всё более значимую роль во всех сферах экономической деятельности и способствовать формированию новых бизнес-моделей.

Вместе с тем в процессе цифрового развития необходимо решать ряд существующих проблем. Одной из основных является предотвращение цифрового неравенства. Различия в возможностях доступа к современным технологиям между городами и регионами могут привести к определённым диспропорциям в социально-экономическом развитии. Поэтому важное значение имеет развитие цифровой инфраструктуры во всех регионах страны.

Другим важным вопросом является информационная безопасность. По мере расширения использования цифровых систем вопросы кибербезопасности приобретают всё большую актуальность. Государственные органы и предприятия должны на постоянной основе осуществлять мероприятия, направленные на защиту данных, предотвращение кибератак и формирование безопасной цифровой среды [10].

В целом развитие цифровой экономики в Азербайджане является одним из важных факторов социально-экономического прогресса. Цифровизация создаёт широкие возможности для ускорения экономического роста, создания новых рабочих мест, повышения качества государственных услуг и развития предпринимательства.

В перспективе основными приоритетами развития цифровой экономики могут стать:

- дальнейшее развитие цифровой инфраструктуры;
- поддержка инновационной деятельности;
- повышение уровня цифровых навыков и компетенций человеческого капитала;
- расширение электронных услуг;
- цифровизация бизнес-процессов;
- укрепление информационной безопасности.

Таким образом, цифровая экономика для Азербайджана представляет собой не только технологическую инновацию, но и новую модель социально-экономического развития. Успешная реализация цифровой трансформации может способствовать не только повышению конкурентоспособности экономики страны, но и улучшению качества жизни населения, а также достижению целей устойчивого развития.

Заключение

Проведённое исследование показывает, что цифровая экономика в современных условиях стала одним из ключевых направлений социально-экономического развития. Стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий изменило характер экономических отношений и создало новые возможности для развития. Цифровая трансформация представляет собой не только процесс технологического обновления, но и

стратегическую модель развития, обеспечивающую более эффективное функционирование экономических и социальных систем.

В условиях цифровой экономики данные, знания и инновации выступают в качестве основных экономических ресурсов. Использование цифровых технологий позволяет предприятиям оптимизировать производственные процессы, повышать качество управленческих решений и получать конкурентные преимущества. В этом контексте цифровизация оказывает существенное влияние на ускорение экономического роста и повышение производительности.

В результате исследования установлено, что цифровая трансформация оказывает влияние на различные сферы социально-экономического развития. Развитие электронных государственных услуг способствует повышению эффективности государственного управления, цифровые финансовые услуги стимулируют экономическую активность, а электронная торговля расширяет возможности предпринимательской деятельности. Одновременно цифровые технологии способствуют формированию новых возможностей в сфере образования, здравоохранения и других социальных областях.

Особая роль в развитии цифровой экономики принадлежит человеческому капиталу. Одним из основных условий эффективного внедрения технологий является подготовка высококвалифицированных специалистов, обладающих необходимыми цифровыми навыками и компетенциями. В связи с этим важными направлениями являются адаптация системы образования к современным технологическим требованиям и повышение уровня цифровой грамотности населения.

Процессы цифровой трансформации в экономике Азербайджана создают широкие возможности для ускорения социально-экономического развития. Цифровизация государственных услуг, развитие электронных платёжных систем, поддержка предпринимательства посредством цифровых решений и формирование благоприятной инновационной среды способствуют повышению конкурентоспособности экономики страны.

Вместе с тем развитие цифровой экономики сопровождается определёнными вызовами. Преодоление цифрового неравенства, обеспечение информационной безопасности, противодействие киберугрозам и подготовка квалифицированных человеческих ресурсов являются одними из ключевых задач дальнейшего развития.

Таким образом, цифровая экономика формирует новый этап социально-экономического развития. Эффективное использование цифровых технологий позволяет странам ускорять экономический рост, повышать уровень социального благосостояния и более эффективно достигать целей устойчивого развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение Президента Азербайджанской Республики. *Азербайджан 2030: Национальные приоритеты социально-экономического развития.* Баку, 2021.
2. Министерство цифрового развития и транспорта Азербайджанской Республики. *Основные направления деятельности в сфере цифрового развития и электронного правительства.* Баку.
3. Государственный комитет по статистике Азербайджанской Республики. *Статистические показатели Азербайджана: показатели информационного общества и экономического развития.* Баку: Издательство Госкомстата, 2023.
4. Tapscott, D. *The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence.* New York: McGraw-Hill, 1996, 342 p.
5. Castells, M. *The Rise of the Network Society: The Information Age: Economy, Society and Culture, Volume I.* 2nd Edition. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010, 597 p.
6. Brynjolfsson, E., McAfee, A. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies.* New York: W. W. Norton & Company, 2014, 320 p.
7. Schwab, K. *The Fourth Industrial Revolution.* Geneva: World Economic Forum, 2016, 184 p.
8. OECD. *OECD Digital Economy Outlook 2020.* Paris: OECD Publishing, 2020, 320 p.
9. World Bank. *World Development Report 2021: Data for Better Lives.* Washington, DC: World Bank, 2021, 340 p.
10. Laudon, K.C., Laudon, J.P. *Management Information Systems: Managing the Digital Firm.* 16th Edition. Pearson Education, 2020, 672 p.
11. Westerman, G., Bonnet, D., McAfee, A. *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation.* Boston: Harvard Business Review Press, 2014, 292 p.

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-125-130

AGGRESSION AND CONFLICT BEHAVIOR AMONG FIRST-GRADE STUDENTS

DANIELA VASILEVA
PhD Student, Department of Pedagogy and Management
Technical University of Sofia, Bulgaria
Primary School Teacher, P. K. Yavorov Secondary School – Sliven

Abstract. *This study explores aggression and conflict behavior among first-grade students, focusing on their frequency, forms, and influencing factors within the school environment. The research was conducted with 150 students and 42 parents from three schools in the Sliven region. The applied methods include a questionnaire survey, structured pedagogical observation, and sociometric analysis. The findings reveal that verbal aggression is the most prevalent form, followed by physical aggression, while indirect aggression is less frequently observed. The study establishes a relationship between aggressive behavior and factors such as family environment, school climate, and insufficient emotional regulation skills. The results emphasize the importance of early prevention and the implementation of pedagogical strategies aimed at developing social-emotional competencies.*

Keywords: *aggression, conflict behavior, primary education, emotional regulation, school environment, social-emotional development*

INTRODUCTION

Aggression and conflict behavior among primary school students represent a significant socio-pedagogical challenge in contemporary education. Early school age is a critical period for developing social skills, emotional regulation, and behavioral patterns. During this stage, children actively build their understanding of social norms and acceptable behavior.

The transition from kindergarten to school introduces new expectations, responsibilities, and social dynamics. This adjustment period can lead to emotional tension, insecurity, and difficulties in adaptation. As a result, some students may express their discomfort through aggressive or conflict behavior.

Aggression in school settings can manifest in various forms, including verbal, physical, and indirect behavior. These manifestations often serve as coping mechanisms for frustration, lack of communication skills, or emotional instability. Conflict behavior, on the other hand, is associated with difficulties in resolving disagreements constructively.

The relevance of this topic is increasing in contemporary educational practice due to the growing need for effective behavioral management strategies in early school education. Understanding the causes and manifestations of aggression is essential for developing preventive approaches and improving the overall school climate.

The aim of this study is to analyze the manifestations of aggression and conflict behavior among first-grade students and to identify the main factors influencing their occurrence.

THEORETICAL FRAMEWORK

Aggression is commonly defined as behavior intended to cause harm to another individual, either physically or psychologically (Buss, 1961). In the context of primary education, aggression can be categorized into three main types:

- verbal aggression
- physical aggression
- indirect aggression

Verbal aggression includes insults, offensive language, and threats. Physical aggression involves actions such as hitting, pushing, or kicking. Indirect aggression is expressed through social exclusion, spreading rumors, or ignoring peers.

Conflict behavior is closely related to aggression but focuses on the inability to manage interpersonal disagreements effectively. It is often associated with underdeveloped emotional regulation and limited social competence.

According to Bandura's social learning theory (1973), children learn aggressive behavior through observation and imitation. The family environment plays a crucial role, as children exposed to conflict or inconsistent discipline are more likely to display aggressive tendencies.

The school environment also significantly influences student behavior. A positive classroom climate, supportive teacher-student relationships, and inclusive practices contribute to reducing aggression and promoting cooperation.

METHODOLOGY

The research was conducted during the **2024/2025 academic year** and included a sample of **150 first-grade students and 42 parents** from three schools in the Sliven region.

The participants were divided into two groups:

- Experimental Group (EG) – 75 students
- Control Group (CG) – 75 students

A combination of qualitative and quantitative research methods was applied:

- questionnaire survey
- structured pedagogical observation
- sociometric test
- statistical analysis

The questionnaire assessed students' emotional state, social interactions, and reactions in conflict situations. Observation provided additional insights into real classroom behavior.

RESULTS AND DISCUSSION

The results indicate that the majority of students feel comfortable in the school environment, although some experience adaptation difficulties. In addition to the observed general tendencies, a more detailed analysis of students' behavior reveals important patterns related to emotional responses and peer interaction. It is evident that students who demonstrate higher levels of aggression often experience difficulties in communication and cooperation.

Furthermore, the data indicate that some students have not yet developed sufficient skills for managing negative emotions. This leads to impulsive reactions and increased involvement in conflict situations. In many cases, aggressive behavior is not intentional but rather a result of frustration and lack of appropriate behavioral strategies.

Another important finding is the role of the classroom environment. Students who feel supported and accepted by their peers and teachers are less likely to display aggressive behavior. On the other hand, those who feel isolated or misunderstood tend to engage more frequently in conflicts.

These observations confirm the importance of creating a positive and inclusive classroom climate, where students feel safe and encouraged to express themselves constructively.

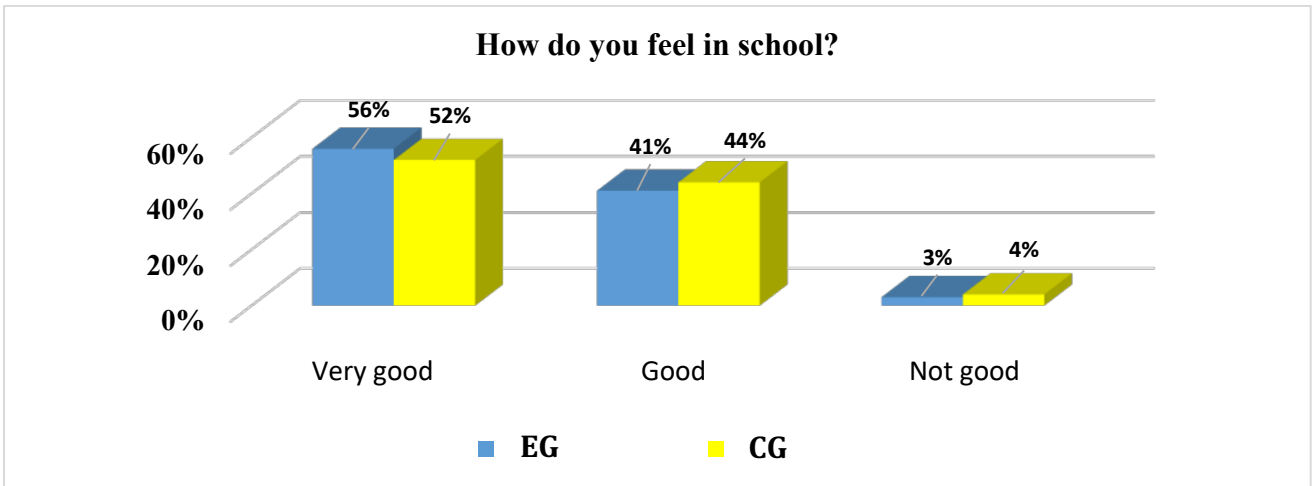


Figure 1. Students' Emotional State at School

EG (Experimental Group)

CG (Control Group)

Most students report positive relationships with peers, while a smaller group demonstrates social withdrawal or selective interaction.

When faced with conflict situations, students exhibit different behavioral responses. Many seek support from teachers or parents, while others react with aggression. *(see Figure 2)*

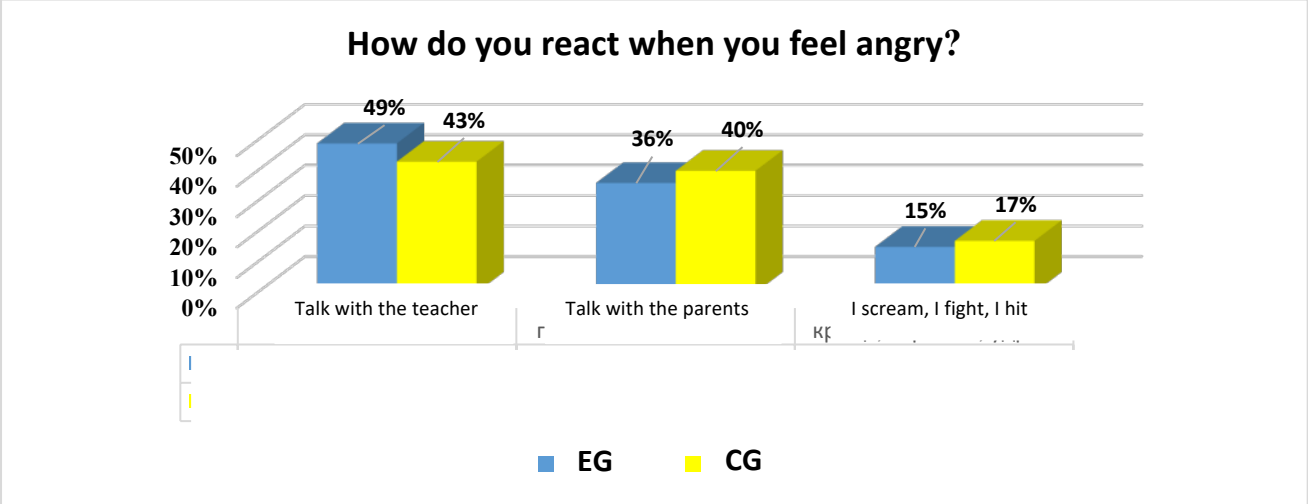


Figure 2. Students' Reactions to Conflict and Negative Emotions

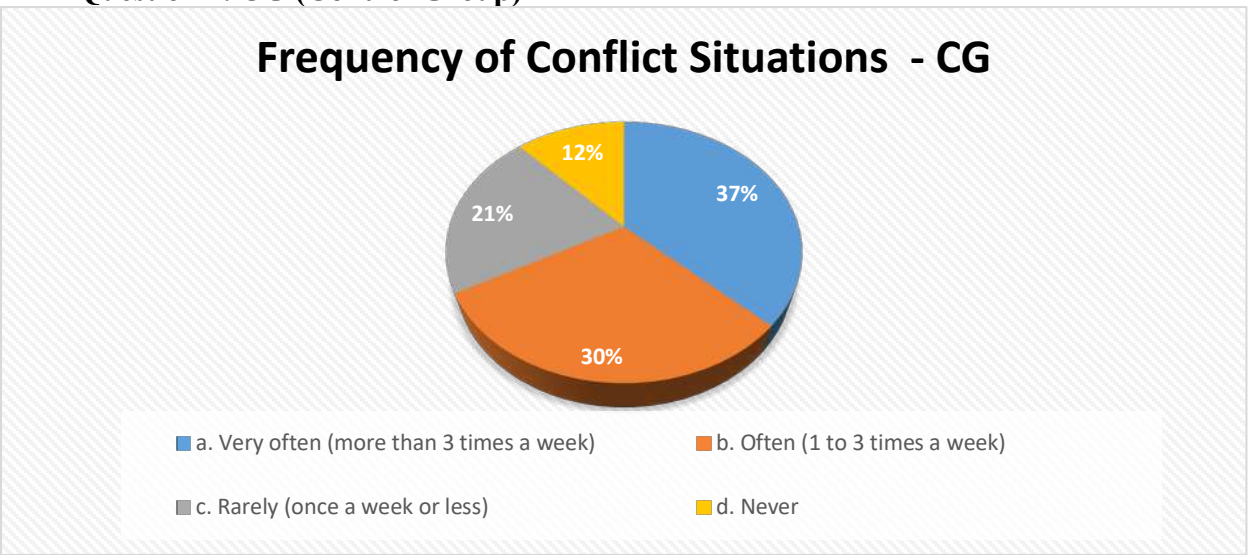
EG (Experimental Group)

CG (Control Group)

• A significant number of students are involved in conflicts regularly, indicating that conflict situations are a common part of early school experience. *(as shown in Figure 3)*

Question 1. EG (Experimental Group)

Question 1. CG (Control Group)



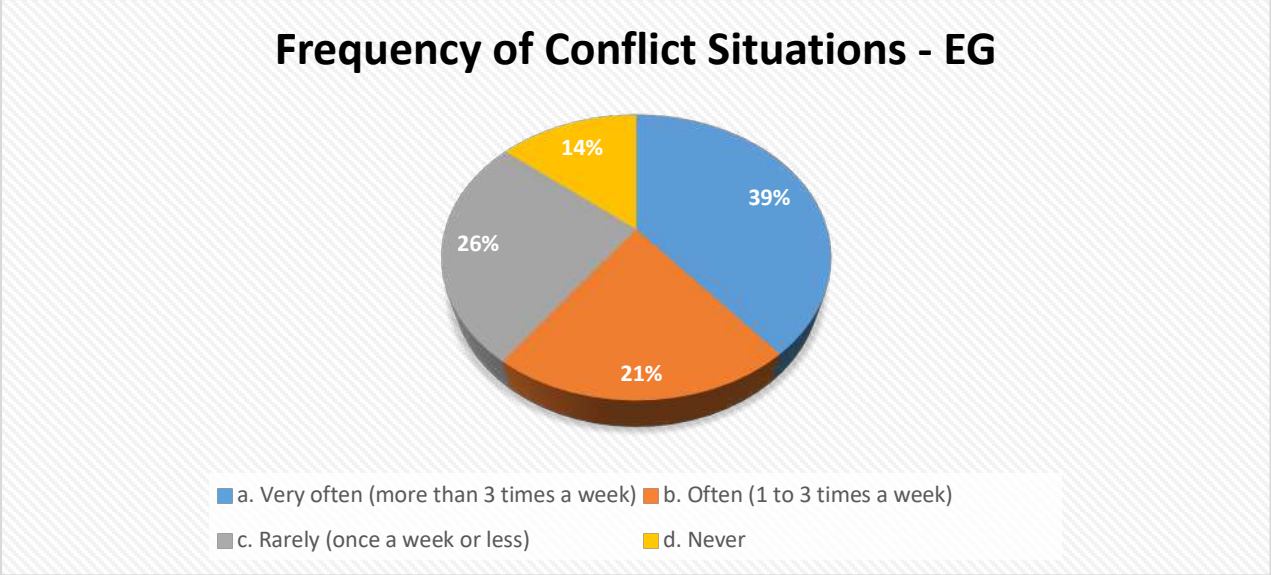


Figure 3. Frequency of Conflicts Among Students

• The analysis shows that verbal aggression is the most common form, followed by physical aggression. Indirect aggression is less frequent but still present.

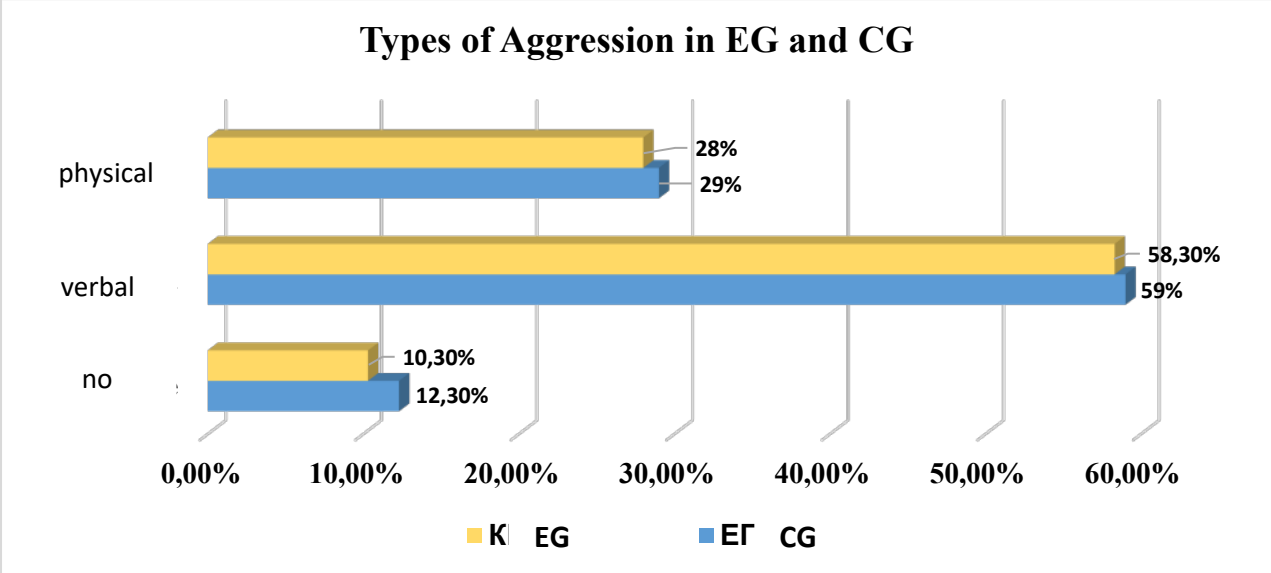


Figure 4. Types of Aggression Observed in Experimental and Control Groups

CG (Control Group)
EG (Experimental Group)

Students who demonstrate higher levels of aggression often experience difficulties in communication and have lower social acceptance among peers.

In addition, it is observed that students who lack emotional regulation skills are more likely to react impulsively and engage in conflicts. The classroom environment also plays an important role, as students who feel supported are less likely to display aggressive behavior

DISCUSSION

The findings confirm that aggression and conflict behavior among first-grade students are influenced by a combination of individual and environmental factors. Emotional immaturity, combined with external influences, significantly affects student behavior.

Early intervention is essential for preventing the development of more serious behavioral problems. Teachers and school professionals should work together to identify students at risk and provide appropriate support.

The integration of interactive teaching methods and group activities can improve social interaction and reduce conflicts. Social-emotional learning plays a key role in developing positive behavioral patterns.

IMPLICATIONS FOR EDUCATIONAL PRACTICE

The findings of the present study have important implications for educational practice in primary school settings. Understanding the nature and frequency of aggression and conflict behavior among first-grade students allows educators to develop more effective strategies for prevention and intervention.

One of the key implications is the necessity of integrating social-emotional learning (SEL) into the curriculum. At early school age, children are still developing essential skills such as emotional regulation, empathy, communication, and cooperation. Structured activities focused on these competencies can significantly reduce aggressive tendencies and improve peer relationships.Teachers play a central role in creating a supportive and inclusive classroom environment. By establishing clear behavioral expectations, encouraging positive communication, and modeling constructive conflict resolution, educators can influence students' behavior in a positive direction. It is also important for teachers to recognize early signs of aggression and intervene promptly through appropriate pedagogical approaches.

Another important aspect is the collaboration between school and family. Parents should be actively involved in the educational process and informed about their children's behavior and emotional development. Consistent communication between teachers and parents contributes to a more stable and supportive environment for the child. Furthermore, the implementation of preventive programs aimed at reducing school aggression is highly recommended. Such programs may include group activities, role-playing exercises, and discussions that help students understand the consequences of aggressive behavior and develop alternative ways of expressing emotions.

Finally, the use of individual approaches for students who demonstrate higher levels of aggression is essential. Personalized support, counseling, and targeted interventions can help these students develop better coping mechanisms and improve their social integration.

PRACTICAL RECOMMENDATIONS

Based on the findings, several practical recommendations can be formulated.

It is important to implement structured programs focused on emotional development, empathy, and communication skills. Interactive methods such as role-playing and group activities can help students understand others' perspectives.

Schools should establish clear behavioral rules and provide a safe environment. Parents should be actively involved in the educational process.

Students with higher levels of aggression should receive individualized support and targeted interventions.

PEDAGOGICAL STRATEGIES FOR MANAGING AGGRESSION

Effective management of aggression and conflict behavior in primary school requires the application of targeted pedagogical strategies. At early school age, students are still developing their emotional and social competencies, which makes it essential for teachers to provide structured support and guidance.

One of the most effective approaches is the use of positive behavioral support. This includes reinforcing appropriate behavior through encouragement, praise, and recognition. When students feel valued and supported, they are more likely to engage in constructive interactions.

Another important strategy is the development of emotional literacy. Teachers should help students identify, understand, and express their emotions in appropriate ways. Activities such as storytelling, role-playing, and group discussions can facilitate this process.

Conflict resolution training is also crucial. Students need to learn how to manage disagreements without resorting to aggression. Teaching simple techniques such as active listening, turn-taking, and problem-solving can significantly reduce conflict situations.

Additionally, the classroom environment should promote cooperation rather than competition. Collaborative learning activities encourage students to work together, build trust, and develop mutual respect.

Finally, it is important to adopt an individualized approach when dealing with students who display higher levels of aggression. Providing additional support, counseling, and tailored interventions can help these students develop more adaptive behavioral patterns.

LIMITATIONS OF THE STUDY

This study has certain limitations. The sample is limited to a specific region, which may affect generalization. The use of self-reported data may introduce bias.

Future studies should include a broader sample and different age groups.

FUTURE RESEARCH DIRECTIONS

Future research should explore long-term behavioral development and the effectiveness of intervention programs.

Comparative studies and analysis of digital influences on behavior may provide additional insights.

CONCLUSION

Aggression and conflict behavior are complex phenomena that require systematic pedagogical approaches. Early intervention, social-emotional learning, and collaboration between school and family are essential for improving student behavior.

The results of this study confirm the importance of preventive strategies and the development of positive school environments.

REFERENCES

1. Bandura, A. (1973). Aggression: A Social Learning Analysis. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
2. Buss, A. H. (1961). The Psychology of Aggression. New York: Wiley.
3. Crick, N. R., & Grotpeter, J. K. (1995). Relational aggression, gender, and social-psychological adjustment. Child Development, 66(3), 710–722.
4. Mitrofan, O., Paul, M., & Weich, S. (2014). Aggression in children with behavioral and emotional difficulties: The influence of television and video games. BMC Psychiatry, 14, 287. https://doi.org/10.1186/s12888-014-0287-7
5. Olweus, D. (1993). Bullying at School: What We Know and What We Can Do. Oxford: Blackwell.

УДК 372.853
DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-131-136

FİZİKA TƏLİMİNDƏ MÜŞAHİDƏ VƏ EKSPERİMENTİN ŞAGİRDLƏRİN TƏDQİQAT BACARIQLARININ İNKİŞAFINA TƏSİRİ

ƏLİYEVA DİLBƏR ZİRƏK QIZI
p.ü.f.d., ADPU-nun fizika fakültəsinin dosenti, Баку, Азербайджан

SƏLİMOVA LALƏ ÖMƏR QIZI
ADPU-nun fizika fakültəsinin magistrantı, Баку, Азербайджан

Annotasiya: *Müasir fizika təliminin əsas məqsədlərindən biri şagirdlərin yalnız fiziki bilikləri mənimsəməsi deyil, həm də elmi araşdırma aparmaq, müşahidə etmək, problem müəyyənləşdirmək, fərziyyə irəli sürmək, eksperiment planlaşdırmaq, məlumat toplamaq və sübutlar əsasında nəticə çıxarmaq bacarıqlarının inkişaf etdirilməsidir. Bu məqalədə fizika dərslərində müşahidə və eksperimentin şagirdlərin tədqiqat bacarıqlarının formalaşmasına təsiri nəzəri və metodik baxımdan araşdırılmışdır. Beynəlxalq elmi ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, inquiry-based science education və eksperiment əsaslı təlim şagirdlərin konseptual anlamasını, elmi düşünməsini, məlumatlarla işləməsini və sübut əsaslı nəticə çıxarmasını dəstəkləyir. Araşdırmanın nəticələri göstərir ki, eksperimentin sadəcə nümayiş vasitəsi kimi deyil, şagirdin sual verməsi, fərziyyə qurması, məlumat toplaması və nəticəni əsaslandırması üçün təşkil edilməsi daha yüksək pedaqoji səmərə yaradır.*

Açar sözlər: *fizika təlimi, müşahidə, eksperiment, tədqiqat bacarıqları, inquiry-based learning, elmi düşünmə, elmi savadlılıq.*

Elm və texnologiyanın sürətli inkişafı təhsil sisteminin qarşısında yeni tələblər yaratmışdır. Müasir məktəb şagirdinin yalnız hazır məlumatları yadda saxlaması kifayət etmir. Şagird məlumatı axtarmağı, onun etibarlılığını qiymətləndirməyi, müşahidə və eksperiment yolu ilə sübut əldə etməyi, məlumatları təhlil etməyi və əsaslandırılmış nəticə çıxarmağı bacarmalıdır. Bu baxımdan təbiət elmlərinin, xüsusilə fizikanın tədrisi şagirdlərdə elmi-tədqiqat bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi üçün geniş imkanlar yaradır [1; 2].

Müasir elm təhsili konsepsiyalarında elmi fəaliyyətin əsas komponentləri kimi sual vermək, problemin müəyyənləşdirilməsi, modellərin qurulması, araşdırmanın planlaşdırılması və aparılması, məlumatların təhlili, sübut əsasında izahların qurulması və elmi məlumatların kommunikasiya edilməsi göstərilir [1]. Bu bacarıqların formalaşması üçün şagirdin yalnız nəzəri məlumatla tanış olması deyil, elmi fəaliyyətin müəyyən elementlərini bilavasitə yerinə yetirməsi zəruridir

OECD-nin PISA 2025 Science Framework sənədində də elmi araşdırmanın layihələndirilməsi və məlumatların sübut kimi tənqidi şəkildə şərh edilməsi mühüm elmi kompetensiya kimi təqdim edilir. Şagirdin elmi sualı müəyyənləşdirməsi, uyğun eksperimental dizayn təklif etməsi, eksperimentin məqsədəuyğunluğunu qiymətləndirməsi, məlumatları şərh etməsi və nəticələrin əsaslandırılmasını həyata keçirməsi gözlənilir [2].

Fizika öz mahiyyətinə görə eksperimental elmdir. Fiziki qanun və qanunauyğunluqların müşahidə və ölçmələr vasitəsilə öyrənilməsi şagirdlərə nəzəri anlayışlarla real hadisələr arasında əlaqə yaratmağa imkan verir. Buna görə də müşahidə və eksperiment fizikanın tədrisində yalnız əlavə metod deyil, elmi dünyagörüşünün və tədqiqat fəaliyyətinin formalaşdırılmasının mühüm vasitəsi kimi nəzərdən keçirilməlidir.

1. Fizika təlimində müşahidənin pedaqoji əhəmiyyəti

Müşahidə elmi idrakın ilkin mərhələlərindən biridir. Şagird fiziki hadisəni müşahidə etməklə onun əsas xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirir, dəyişiklikləri qeydə alır və hadisə haqqında ilkin suallar formalaşdırır. Fizika dərslərində müşahidənin məqsədyönlü təşkili şagirdlərin diqqət, müqayisə, təsnifetmə, təsvir və nəticə çıxarma bacarıqlarının inkişafına şərait yaradır.

Müşahidənin təlim prosesində səmərəli olması üçün şagirdə yalnız "müşahidə et" tapşırığının verilməsi kifayət deyil. Müəllim müşahidənin məqsədini müəyyənləşdirməli, şagirdin hansı əlamətlərə diqqət yetirməli olduğunu istiqamətləndirməli və müşahidədən sonra nəticələrin müzakirəsini təşkil etməlidir. Beləliklə, müşahidə passiv baxış prosesindən məqsədyönlü idrak fəaliyyətinə çevrilir. Məsələn, istilik hadisələrinin öyrənilməsi zamanı şagird müxtəlif materialların qızdırılması prosesini müşahidə edə bilər. Burada əsas məqsəd sadəcə temperature dəyişməsini görmək deyil, temperaturla zaman arasındakı əlaqəni müəyyənləşdirmək, materialların davranışını müqayisə etmək və müşahidə olunan nəticələri izah etməkdir. Belə fəaliyyət şagirdlərdə məlumatın sistemli şəkildə toplanması və qeyd edilməsi bacarığını formalaşdırır. Şagird müşahidə nəticələrini cədvəldə təqdim etdikdə və ya qrafik qurduqda fiziki hadisəni yalnız sözlə təsvir etmir, həm də əldə etdiyi məlumatı strukturlaşdırır.

2. Eksperimentin tədqiqat bacarıqlarının inkişafında rolu

Eksperiment müşahidədən daha yüksək səviyyəli tədqiqat fəaliyyətinin təşkilinə imkan verir.

Eksperiment zamanı şagird müəyyən dəyişənləri idarə edir, ölçmə aparır, məlumat toplayır və əldə etdiyi nəticələrin irəli sürülmüş fərziyyəni dəstəkləyib-dəstəkləmədiyini araşdırır. National Research Council tərəfindən müəyyənləşdirilmiş elmi praktikalar arasında araşdırmanın planlaşdırılması və aparılması, məlumatların təhlili və şərhi, sübut əsasında izahların qurulması xüsusi yer tutur [1]. Bu komponentlərin hamısı düzgün təşkil edilmiş fizika eksperimentində öz əksini tapa bilər.

Eksperimentin şagirdlər üçün hazır prosedur şəklində təqdim edilməsi onların tədqiqat bacarıqlarının inkişafını müəyyən dərəcədə məhdudlaşdıra bilər. Şagirdə bütün addımlar əvvəlcədən verildikdə onun əsas fəaliyyəti təlimatı icra etməklə məhdudlaşır. Halbuki inquiry-based yanaşmada şagirdə müəyyən problem təqdim edilir və o, problemin həlli üçün araşdırmanın ayrı-ayrı mərhələlərində qərarlar qəbul edir.

Bu baxımdan eksperimentlər müxtəlif səviyyələrdə təşkil edilə bilər:

1. Nümayiş eksperimenti – əsas məqsəd fiziki hadisənin şagirdlərə göstərilməsidir.

2. Təsdiqləyici eksperiment – əvvəlcədən məlum olan qanunauyğunluğun təcrübə ilə yoxlanılmasıdır.

3. İstiqamətləndirilmiş inquiry eksperimenti – problem və ya sual müəllim tərəfindən verilir, lakin şagirdlər eksperimentin müəyyən mərhələlərini özləri müəyyənləşdirirlər.

4. Açıq inquiry eksperimenti – şagird tədqiqat sualının formalaşdırılması, eksperimentin planlaşdırılması, məlumatların toplanması və nəticələrin əsaslandırılmasında daha yüksək müstəqilliyə malik olur.

Beynəlxalq tədqiqatlar inquiry-based təlimin effektivliyinin onun nə dərəcədə şagirdmərkəzli olmasından əlavə, verilən metodik istiqamətləndirmənin keyfiyyətindən də asılı olduğunu göstərir [3; 4].

Bu nəticə xüsusilə mühüm bir metodik məqamı göstərir: effektiv inquiry təlimi şagirdi tamamilə nəzarətsiz buraxmaq demək deyil. Müəllim tədqiqat prosesini istiqamətləndirməli, lakin şagirdin müşahidə, fərziyyə, ölçmə, məlumatların təhlili və nəticə çıxarma proseslərində fəal iştirakına imkan yaratmalıdır.

3. Tədqiqat bacarıqlarının struktur komponentləri

Fizika dərslərində şagirdlərin tədqiqat bacarıqlarını bir neçə qarşılıqlı əlaqəli komponent üzrə qruplaşdırmaq mümkündür:

Tədqiqat bacarığı - Şagird fəaliyyətinin göstəricisi

Problemin müəyyənləşdirilməsi - Fiziki hadisə ilə bağlı araşdırıla bilən sual formalaşdırır

Fərziyyənin irəli sürülməsi - Hadisənin mümkün nəticəsini əsaslandırılmış şəkildə proqnozlaşdırır

Eksperimentin planlaşdırılması - Lazımi avadanlıq və proseduru müəyyənləşdirir

Dəyişənlərin müəyyənləşdirilməsi - Asılı, müstəqil və nəzarət olunan dəyişənləri ayırır

Müşahidə və ölçmə - Məlumatları sistemli şəkildə toplayır və qeyd edir

Məlumatların təhlili - Cədvəl, qrafik və sadə hesablamalardan istifadə edir

Nəticə çıxarma - Məlumat əsasında əsaslandırılmış nəticə formalaşdırır

Sübutdan istifadə - Nəticəsini eksperimental məlumatlarla əsaslandırır

Elmi kommunikasiya - Tədqiqat nəticələrini şifahi və yazılı şəkildə təqdim edir

Bu komponentlər bir-birindən təcrid olunmuş bacarıqlar deyil. Onlar vahid tədqiqat prosesinin mərhələləridir. Şagird düzgün sual formalaşdırmadan məqsədyönlü eksperiment qura bilməz; məlumatları təhlil etmədən isə eksperimentdən əsaslandırılmış nəticə çıxara bilməz. Pols, Dekkers və de Vries fizika inquiry-ni tədqiqat sualına cavab verən elmi cəhətdən əsaslandırılmış arqumentin qurulması kimi nəzərdən keçirirlər [5]. Bu yanaşma eksperimentin son məqsədinin yalnız məlumat toplamaq deyil, həmin məlumatlardan elmi nəticənin əsaslandırılması üçün istifadə etmək olduğunu göstərir.

4. Fizika eksperimentlərinin tədqiqat yönümlü təşkili

Eksperiment əsaslı dərsin daha yüksək səmərə verməsi üçün onun mərhələli şəkildə təşkili məqsədəuyğundur.

Birinci mərhələ – problem situasiyasının yaradılması. Dərsin başlanğıcında şagird qarşısında fiziki hadisə və ya problem qoyulur. Məsələn: “Eyni qüvvə müxtəlif səthlərdə niyə fərqli nəticə yarada bilər?” və ya “Sarkaçın rəqs müddətinə hansı amillər təsir edir?”

İkinci mərhələ – müşahidə və sualın formalaşdırılması.Şagird mövcud hadisəni müşahidə edir və araşdırıla bilən sual müəyyənləşdirir.

Üçüncü mərhələ – fərziyyənin irəli sürülməsi.Şagird mövcud biliklərinə əsaslanaraq mümkün nəticəni əvvəlcədən proqnozlaşdırır.

Dördüncü mərhələ – eksperimentin planlaşdırılması.Bu mərhələdə istifadə ediləcək avadanlıq, ölçmə üsulu, dəyişənlər və məlumatların qeydiyyat forması müəyyən edilir.

Beşinci mərhələ – eksperimentin aparılması.Şagirdlər ölçmələri həyata keçirir və əldə etdikləri məlumatları qeyd edirlər. Burada ölçmə dəqiqliyi və təhlükəsizlik qaydalarına əməl edilməsi mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Altıncı mərhələ – məlumatların təhlili.Toplanmış məlumatlar cədvəl, qrafik və digər uyğun təqdimat formalarında işlənilir. Şagird dəyişənlər arasındakı əlaqəni müəyyənləşdirməyə çalışır.

Yeddinci mərhələ – nəticənin əsaslandırılması.Şagird əldə etdiyi nəticənin ilkin fərziyyəni dəstəkləyib-dəstəkləmədiyini müəyyənləşdirir və fikrini eksperimental sübutlarla əsaslandırır.

Səkkizinci mərhələ – elmi kommunikasiya və refleksiya.Şagird tədqiqatın nəticəsini təqdim edir, eksperimentin məhdudiyyətlərini müəyyənləşdirir və gələcəkdə tədqiqatın necə təkmilləşdirilə biləcəyini müzakirə edir.

Bu struktur şagirdin tədqiqat prosesində yalnız icraçı deyil, müəyyən mərhələlərdə qərar qəbul edən subyekt kimi iştirakını təmin edir.

5. Beynəlxalq tədqiqatların nəticələrinin təhlili

Inquiry-based science education üzrə aparılmış beynəlxalq tədqiqatlar bu yanaşmanın müxtəlif təlim nəticələrinə müsbət təsir göstərə bildiyini göstərir. Minner, Levy və Century tərəfindən 138 tədqiqatın nəticələrinin sintez edilməsi inquiry əsaslı təlimin, xüsusilə şagirdlərin fəal düşünməsi və məlumatlardan nəticə çıxarması ilə əlaqəli olduqda, konseptual öyrənməyə müsbət təsir etdiyini göstərmişdir [4].

Fizika təliminə dair tədqiqatlar da oxşar nəticələri nümayiş etdirir. Husnaini və Chen tərəfindən aparılmış kvazi-eksperimental tədqiqatda orta məktəb şagirdlərinin fiziki və virtual laboratoriyalarda istiqamətləndirilmiş inquiry fəaliyyəti araşdırılmışdır. Tədqiqat nəticələri hər iki laboratoriya formasının müxtəlif təlim nəticələrinə müsbət təsir göstərə bildiyini, fiziki laboratoriyanın isə planlaşdırma, eksperiment aparma və eksperimentin təkmilləşdirilməsi kimi inquiry fəaliyyətlərində üstünlük yaratdığını göstərmişdir [6].

Fizika laboratoriyalarında tədqiqat bacarıqlarının inkişafı ilə bağlı başqa bir istiqamət tələbələrin eksperiment dizaynında iştirakıdır. 2021-ci ildə aparılmış tədqiqatda tələbələrə hazır prosedur təqdim edilən laboratoriya ilə yalnız problem təqdim edilərək eksperiment prosedurunun tələbələr tərəfindən hazırlanması müqayisə edilmişdir. Daha yüksək inquiry səviyyəsinin eksperiment dizaynı ilə bağlı fəaliyyətləri artırdığı müəyyən edilmişdir [7].

Walsh, Lewandowski və Holmes tərəfindən 100-dən çox ali təhsil müəssisəsindən 20 000-dən artıq tələbənin məlumatları əsasında aparılmış geniş tədqiqat laboratoriya təliminin kritik düşünmə və eksperimentə münasibət baxımından potensialını araşdırmışdır [8]. Bu nəticələr laboratoriya fəaliyyətinin yalnız fiziki hadisəni nümayiş etdirmək üçün deyil, bacarıqların məqsədyönlü inkişafı üçün dizayn edilməsinin vacibliyini göstərir. 2023-cü ildə Thacker tərəfindən təqdim edilmiş uzunmüddətli inquiry-based experimental physics kursunun təhlili də laboratoriya fəaliyyətinin konseptual biliklə yanaşı, kritik düşünmə və "alim kimi düşünmə" bacarıqlarının inkişafına yönəldilə biləcəyini göstərmişdir [9].

Son illərdə aparılan sistematik icmallar da inquiry yanaşmasının elmi və tədqiqat bacarıqları ilə əlaqəsini təsdiqləyir. 2024-cü ildə aparılmış sistematik ədəbiyyat icmalında açıq inquiry- nin konseptual anlamaya, motivasiyaya, elmi düşünmə və digər elm yönümlü bacarıqlara müsbət təsirləri müəyyən edilmişdir. Bununla yanaşı, müəllim dəstəyi, sinfin idarə olunması və uyğun istiqamətləndirmənin əhəmiyyəti də vurğulanmışdır [10].

Bu nəticələr göstərir ki, müşahidə və eksperimentin özü avtomatik olaraq yüksək səviyyəli tədqiqat bacarıqları yaratmır. Əsas məsələ həmin fəaliyyətlərin necə dizayn edilməsidir.

6. Müəllimin rolu

Eksperiment əsaslı təlimdə müəllimin rolu dəyişir. Ənənəvi təlimdə müəllim əsas məlumat mənbəyi kimi çıxış edirsə, inquiry-based təlimdə müəllim daha çox fasilitator, istiqamətləndirici və öyrənmə prosesinin təşkilatçısı funksiyasını yerinə yetirir. Müəllim şagirdə hazır nəticəni təqdim etmək əvəzinə, onun nəticəyə gəlməsini təmin edən suallar verə bilər:

* Nə müşahidə etdiniz?
* Sizcə bu dəyişiklik nə ilə əlaqədardır?
* Bu fərziyyəni necə yoxlamaq olar?
* Hansı dəyişəni dəyişmək lazımdır?
* Hansı dəyişənlər sabit saxlanmalıdır?
* Topladığınız məlumatlar fərziyyənizi dəstəkləyirmi?
* Nəticənizi hansı sübutla əsaslandıra bilərsiniz?
* Eksperimentin hansı məhdudiyyətləri vardır?

Belə suallar şagirdin hazır cavabı yadda saxlamasına deyil, elmi düşünmə prosesində iştirak etməsinə şərait yaradır.

Lakin inquiry fəaliyyətinin tamamilə istiqamətsiz olması da məqsədəuyğun deyil. Müasir tədqiqatlar göstərir ki, yüksək səviyyəli inquiry fəaliyyətində müəllim dəstəyi və mərhələli istiqamətləndirmə mühüm amildir [3; 10]. Xüsusilə elmi araşdırma təcrübəsi az olan şagirdlər üçün scaffoldinq onların idrak yükünü azaltmağa və tədqiqat fəaliyyətinin mərhələlərini daha düzgün mənimsəməyə kömək edir.

7. Tədqiqat bacarıqlarının qiymətləndirilməsi

Eksperiment əsaslı təlimin nəticələrinin qiymətləndirilməsi yalnız yekun test nəticələri ilə məhdudlaşdırılmamalıdır. Şagirdin tədqiqat prosesində göstərdiyi fəaliyyət ayrıca qiymətləndirilməlidir.

Qiymətləndirmə zamanı aşağıdakı göstəricilərdən istifadə etmək mümkündür:

* tədqiqat sualının düzgün formalaşdırılması;
* fərziyyənin elmi əsaslandırılması;
* eksperiment planının məntiqiliyi;
* dəyişənlərin düzgün müəyyənləşdirilməsi;
* ölçmə və məlumatların qeydiyyatı;
* cədvəl və qrafiklərdən istifadə;
* məlumatların şərhi;
* nəticənin sübutlarla əsaslandırılması;
* eksperimentin məhdudiyyətlərinin müəyyənləşdirilməsi;
* nəticələrin elmi şəkildə təqdim edilməsi.

Bu yanaşma qiymətləndirməni yalnız "düzgün cavab" üzərindən deyil, şagirdin elmi araşdırma prosesində nümayiş etdirdiyi bacarıqlar üzərindən qurmağa imkan verir.

Inquiry-based science education üzrə qiymətləndirmə tədqiqatlarının sistematik icmalı da sualvermə, hipotez yaratma, eksperiment aparma, məlumatları şərh etmə, nəticə çıxarma və kommunikasiya kimi inquiry mərhələlərinin ayrıca qiymətləndirilməsinin vacibliyini göstərir [11].

8.Fizika təlimində müşahidə və eksperimentin tətbiqi üçün metodik model

Aparılmış nəzəri təhlil əsasında fizika dərslərində müşahidə və eksperimentin tədqiqat bacarıqlarının inkişafına yönəldilməsi üçün aşağıdakı model təklif olunur:

Problem → müşahidə → tədqiqat sualı → fərziyyə → eksperimentin planlaşdırılması → ölçmə və məlumatların toplanması → məlumatların təhlili → sübut əsasında nəticə → elmi kommunikasiya → refleksiya.

Bu modelin əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, eksperiment dərsin ayrıca və təcrid olunmuş hissəsi kimi deyil, bütöv tədqiqat prosesinin bir komponenti kimi nəzərdən keçirilir. Məsələn, " Sürtünmə qüvvəsi" mövzusunda şagirdlər müxtəlif səthlər üzərində cismin hərəkətini müşahidə edə, səthin növünün sürtünməyə təsiri haqqında fərziyyə irəli sürə, dinamometr vasitəsilə ölçmələr apara və əldə etdikləri məlumatları müqayisə edə bilərlər. Bu zaman şagird yalnız sürtünmə qüvvəsinin tərifini öyrənmir; həm də dəyişənləri müəyyənləşdirir, ölçmə aparır, məlumatları təhlil edir və nəticəsini sübutla əsaslandırır. Beləliklə, eyni eksperiment həm fiziki məzmunun mənimsənilməsinə, həm də tədqiqat bacarıqlarının inkişafına xidmət edir.

Fizika təlimində müşahidə və eksperimentin məqsədyönlü tətbiqi şagirdlərin tədqiqat bacarıqlarının inkişaf etdirilməsi üçün mühüm pedaqoji imkanlar yaradır. Elmi ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, inquiry-based və eksperiment əsaslı təlim şagirdlərin konseptual anlamasına, elmi düşünmə və məlumatların təhlili bacarıqlarına, sübut əsasında nəticə çıxarmasına və elmi fəaliyyətə münasibətinə müsbət təsir göstərə bilər [3; 4; 6; 10].

Tədqiqatın əsas nəticəsi ondan ibarətdir ki, eksperimentin təlim prosesində sadəcə fiziki hadisənin nümayiş etdirilməsi məqsədilə istifadəsi onun potensialının tam reallaşmasına imkan vermir. Eksperiment şagirdin tədqiqat prosesinin fəal iştirakçısına çevriləcəyi şəkildə təşkil edilməlidir. Bu zaman şagird problem müəyyənləşdirir, sual verir, fərziyyə irəli sürür, eksperiment planlaşdırır, ölçmələr aparır, məlumatları təhlil edir və nəticəsini sübutlar əsasında əsaslandırır.

Müasir elm təhsilində əsas məqsədlərdən biri şagirdin "elmi bilikləri bilən" deyil, "elmi şəkildə düşünə və araşdıra bilən" fərd kimi formalaşdırılmasıdır. Bu baxımdan müşahidə və eksperiment fizika təlimində yalnız didaktik vasitə deyil, elmi fəaliyyətin modelləşdirilməsi vasitəsidir.Fizika müəlliminin əsas vəzifələrindən biri şagirdlərə hazır nəticələri təqdim etməkdən daha çox, həmin nəticələrin hansı müşahidə, ölçmə və sübutlar əsasında əldə edildiyini göstərməkdir. Bu yanaşma şagirdlərin tədqiqat bacarıqlarının inkişafına, fiziki anlayışların daha şüurlu mənimsənilməsinə və elmi savadlılığın formalaşmasına xidmət edir.

Gələcək tədqiqatlarda təklif olunan modelin VII–VIII sinif şagirdləri üzərində eksperimental şəkildə sınaqdan keçirilməsi, eksperiment və müşahidə əsaslı təlimlə ənənəvi təlimin nəticələrinin müqayisə edilməsi və şagirdlərin tədqiqat bacarıqlarının pre-test və post-test göstəriciləri əsasında statistik təhlil edilməsi məqsədəuyğun hesab olunur.

ƏDƏBIYYAT

1. National Research Council. A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press, 2012. 400 p. DOI: 10.17226/13165.
2. OECD. PISA 2025 Science Framework. Paris: OECD Publishing, 2023. 3. Furtak E. M., Seidel T., Iverson H., Briggs D. C. Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis // Review of Educational Research. 2012. Vol. 82, No. 3. P. 300–329. DOI: 10.3102/0034654312457206.
3. Minner D. D., Levy A. J., Century J. Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002 // Journal of Research in Science Teaching. 2010. Vol. 47, No. 4. P. 474–496. DOI: 10.1002/tea.20347.
4. Pols C. F. J., Dekkers P. J. J. M., de Vries M. J. Defining and assessing understandings of evidence with the assessment rubric for physics inquiry: Towards integration of argumentation and inquiry // Physical Review Physics Education Research. 2022. Vol. 18, No. 1. 010111. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010111.
5. Husnaini S. J., Chen S. Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment// Physical Review Physics Education Research. 2019. Vol. 15, No. 1. 010119. DOI:10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010119.
6. Cai B., Mainhood L., McLean A. Student behavior in undergraduate physics laboratories: Designing experiments // Physical Review Physics Education Research. 2021. Vol. 17, No. 2. 020109. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020109.
7. Walsh C., Lewandowski H. J., Holmes N. G. Skills-focused lab instruction improves critical thinking skills and experimentation views for all students // Physical Review Physics Education Research. 2022. Vol. 18, No. 1. 010128. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010128.
8. Thacker B. Inquiry-based experimental physics: Twenty years of an evidence-based, laboratory-based physics course for algebra-based physics students // Physical Review Physics Education Research.2023.Vol.19,No.2.020116.DOI:10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020116.
9. Muhamad Dah N., Mat Noor M. S. A., Kamarudin M. Z., Syed Abdul Azziz S. S. The impacts of open inquiry on students' learning in science: A systematic literature review // Educational Research Review. 2024. Vol. 43. 100601. DOI: 10.1016/j.edurev.2024.100601.
10. Ogegbo A., Upahi J. E., Ramnarain U., Wu H.-K. A Systematic Review on Assessment in Inquiry-Based Science Education // International Journal of Research in STEM Education. 2025. Vol. 7, No. 1. DOI: 10.33830/ijrse.v7i1.1744.
11. Strat T. T. S., Henriksen E. K., Jegstad K. M. Inquiry-based science education in science teacher education: A systematic review // Studies in Science Education. 2024. Vol. 60, No. 2. P. 191–249. DOI: 10.1080/03057267.2023.2207148.
12. Nguyen L., Nguyen Van Bien, Tran C. Investigating the trends of developing students' experimental competency through inquiry-based laboratory approach: A systematic literature review // Journal of Physics: Conference Series. 2024. Vol. 2727. 012022. DOI: 10.1088/1742-6596/2727/1/012022.

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-137-140

TEXNOLOGİYA DƏRSLƏRİNDƏ "MƏİŞƏT MƏDƏNİYYƏTİ"NƏ AİD MÖVZULARIN TƏDRİSİNDƏ BİLİK VƏ BACARIQLARIN FORMALAŞDIRILMASI YOLLARININ ARAŞDIRILMASI

İSMAYILOV AKİF ÖMƏR OĞLU
Dosent

İSAYEV QABİL NURƏHMƏD OĞLU
baş müəllim, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Açar sözlər: *Texnologiya, təmir, məişət, bilik, bacarıq, təlim, mədəniyyət.*
Ключевые слова: *Технология, ремонт, быт, знания, навыки, обучение, культура.*

Son 30 ildə Azərbaycanda ümumi təhsil sistemindəki dəyişikliklər bir çox fənlərin tədrisinin məzmun və texnologiyalarının dəyişməsinə səbəb oldu, həmçinin praktiki olaraq "Texnologiya" fənninin məzmununa təsir göstərmişdir. Hal-hazırda, Texnologiya təliminin məzmununun ənənəvi materiallara və onların emalı texnologiyalarına istiqamətləndirilməsi məhz məişət mədəniyyətinin və ümumi əmək mədəniyyətinin formalaşmasına imkan verir.

Son 30 ildə baş vermiş islahatların nəticəsində texnologiya fənni artıq müasir dövrün tələblərinə cavab verir. Müasir dövrdə texnologiya fənni, müasir cəmiyyətin və müvafiq elm və texnologiya dünyasının, həmçinin istehlakçıların ehtiyaclarının (tələblər, onların valideynləri, peşə təhsil müəssisələri, işəgötürənlər), bütün tələblərini tam qarşılayır. Təsadüfi deyil ki, bu hal son 10 ildə məktəblilər üçün texnoloji təhsilin inkişaf vektorunun fəal müzakirəsi müxtəlif təhsil müəssisələrinin ehtiyaclarını nəzərə alaraq, tədris materialının məzmununu müasir dövrün və texnoloji cəmiyyətin tələblərinə uyğunlaşdırmaq məqsədi ilə tam üst-üstə düşür. [5]

Ümumilikdə nəzər yetirsək texnologiya fənni tələblərinin xalq sənətkarlığından, maşın və robot dizaynına həmçinin innovativ materiallardan kostyumların dizaynı, məhsulun yaradılmasından tutmuş, məişətdə ki sadə təmir işlərinə kimi müasir dövrdə vacib sayılan müxtəlif bacarıqların mənimsənməsini təmin edə bilər.

Bununla yanaşı artıq müvəffəqiyyətli, rəqabət qabiliyyətli, özünü öyrənən və özünü inkişaf etdirən, artan qeyri-müəyyənliyin çətin vəziyyətlərinə uyğunlaşa bilən şəxsiyyət olmasına kömək etmək üçün lazım olan motivasiya və əhəmiyyətli bilikləri şagirdlərə tam mənimsənilməsi üçün əsas rolu məhz texnologiya fənninin düzgün tədris olunması oynayır.

Texnologiyanın 4 əsas məzmun xətti var.

Məzmun xətləri dedikdə aşağıdakı bölmələr nəzərdə tutulur. [7]

1.Emal texnologiyaları
2.Texnika elementləri
3.Məişət mədəniyyəti
4.Qrafika

Bir çox ölkələrdə texnologiya təhsili üçün əsas məqsəd məktəb məzunlarının texnoloji mədəniyyətinin və yaxud texnoloji savadının formalaşdırılması ilə bağlıdır.

Cəmiyyətin texnoloji mədəniyyəti texnoloji təhsilin ilkin şərti və nəticəsi kimi çıxış edir və ümumi təhsil almaq prosesində mədəniyyətin ayrı-ayrı komponentlərinin mənimsənilmə səviyyəsini əks etdirir və insanın müxtəlif peşə təhsili növlərini (istiqamətlərini) almağa hazırlığını müəyyən edir.

Məişət mədəniyyətinin məzmun xəttində şagirdlər gündəlik həyatda, məişətdə, sadə təmir işlərində və digər hallarda materialların, enerjinin, informasiyaların dəyişdirilməsi və istifadəsi

prosesində iştirak etdiklərindən onlarda müvafiq emal texnologiyalarına aid olan bacarıq və vərdişlərin aşılanması zəruri hesab olunur. Göstərilən obyektlərin dəyişdirilməsi və istifadəsi müxtəlif metod və vasitələrlə təmir alətləri və təmir vasitələrinin necə istifadə olunmasına dair əldə olunduğu və bunların əsasını məişət mədəniyyəti təşkil etdiyi üçün göstərilən məzmun xətti "Texnologiya" fənninə daxil edilmişdir. Texnologiyanın bir fənn kimi ümumtəhsil məktəblərində tədris olunması, ilk növbədə, yuxarıda qeyd edilən məqamların zərurətindən irəli gəlir və şagirdlərə həyati bilik və bacarıqların aşılanması baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir. Həmçinin elm və texnikanın sürətlə inkişafı ilə yanaşı texnologiyaların durmadan yeniləşməsi də müxtəlif peşə və ixtisaslara tələblərin artmasını zəruri edir.

Müasir dövrdə elə bir vəziyyət yaranmışdır ki, yalnız bir ixtisasla kifayətlənmək mümkün deyildir[6].

İnsan öz texnoloji bacarıqları sayəsində universal istehsal sahələrində fəaliyyət göstərə bilməlidir. Ona görə də məktəblərdə gələcəyin geniş profilli mütəxəssisinin formalaşdırılmasının ilkin təməlinin qoyulması aktual problem kimi vacib hesab olunur.

Orta məktəbdə tədris olunan texnologiya fənnində keçirilən mövzularda sadə təmir işləri, ev əşyalarının təmiri və dizaynı ilə bağlı fikirlərin təməli qoyulur. Eyni zamanda şagirdlərin əl işlərinin və yaradıcılıq qabiliyyətlərinin inkişafı ilə yanaşı, təsərrüfat təhsilinin də təməli qoyulur. Məişət mədəniyyətinin tədrisi zamanı bilik və bacarıqlar vasitəsilə şagirdlər həyatda insana lazım olan davranış qaydalarına riayət etmək, ailənin və onun büdcəsinin idarə olunmasında iştirak etmək, təhlükəsizlik və sanitariya-gigiyena qaydalarına riayət etmək, sadə təmir-tikinti işlərini yerinə yetirmək və bitkilərə qulluq etmək vərdişləri qazanırlar.

Eyni zamanda şagirdlərdə ailə-məişət mədəniyyəti və ənənələri, interyer tərtibatı və dizayn barədə, ictimai yerlərdə (evdə, nəqliyyatda, məktəbdə, qonaq getdikdə və s.) davranış və ünsiyyət qaydalarına əməl etmək, öz iş və yaşayış yerlərini təşkil etmək bacarıqları formalaşır.

Texnologiya fənninin orta məktəblərdə tədrisi zamanı ən çox diqqət ayrılan mövzulardan biri də "Məişət mədəniyyəti" mövzusuna aid olan sadə təmir işləridir.

VII sinifdə tədris olunan mövzular aşağıdakılardır:[1]

1.Mənzildə aparılan təmir işlərinin texnologiyası. Divarların işlənməsi.

2. Divar kağızlarının çəkilmə texnologiyası. Divar və tavanların rənglənməsi

3. Tavanın təmir texnologiyası

4. Su təchizat sistemi elementlərinin təmiri texnologiyası. Axıdıcı çən

5. Santexnika sistemi elementlərinin təmiri texnologiyası. Sifon

6. Məzmun standartları:

VIII sinifdə şagird:

3.1. Məişətdə zəruri hesab edilən bilik və bacarıqlara yiyələndiyini nümayiş etdirir.

3.1.1. Xidmət sahələrində mədəni davranış və ünsiyyət qaydalarını şərh edir.

3.1.2. Yaşayış yerində və məktəbdə sadə təmir işlərini aparır, dekorativ bəzək işlərini yerinə yetirir.

Yuxarıda qeyd olunan mövzular nisbətən mürəkkəb və kompleks olsa da şagirdlərin artıq aşağı siniflərdən sadə təmir işlərinə dair ilkin biliklərə malik olduğundan qeyd olunan mövzuların mənimsənməsi nisbətən daha asan olur.

Artıq şagirdlər, su təchizatı və santexnik işləri ilə bağlı sadə təmir işlərini yerinə yetirir, yaşayış yerində və məktəbdə sadə təmir işlərini aparır, dekorativ bəzək işlərini yerinə yetirir. Bununla yanaşı şagirdlər bu sinifdə mənzillərdə asanlıqla müxtəlif sadə təmir işlərini yerinə yetirə bilərlər. Şagirdlər artıq məktəb və mənzillərdə divar kağızlarının çəkilməsi, divar və tavanın sadə təmir işlərini, santexniki sistem elementlərinin sadə təmir işlərini öyrənməklə aşağı sinifdə öyrəndiyi bilik və

bacarıqlarını artırmış olurlar. Sadə təmir işlərinin tədris olunduğu bu sinifdə isə sadə təmir işlərinin mövzusunun əsas məqsədi şagirdləri müstəqil həyata hazırlamaqdır. [4]

IX sinifdə isə şagirdlər nisbətən daha kompleks mövzularla tanış olurlar. Bu mövzular aşağıda qeyd edilmişdir. [2]

1.Ağacdan hazırlanmış pəncərələrin təmiri texnologiyası

2.Plastik kütlə və onun insan həyatında rolu.

3.Plastik kütlədən olan pəncərələrin konstruktiv elementləri və təmiri texnologiyası

4.Yaşayış yerinin interyerinin formalaşdırılması

Məzmun standartları:

IX sinifdə şagird:

3.1. Məişətdə zəruri hesab edilən bilik və bacarıqlara yiyələndiyini nümayiş etdirir.

Yuxarıda qeyd olunan mövzuların tədrisi zamanı şagirdlər məişət mədəniyyətində sadə təmir işlərini tam qavrayır və sahə üzrə lazım olan bütün bilik və bacarıqlara yiyələnir. Əlavə olaraq yaşayış yerində və məktəbdə sadə təmir, dekorativ, bəzək və interyer tərtibatı ilə bağlı təqdimatlar edir. Artıq şagirdlər plastik kütlə və ağac kimi materialları tam xüsusiyyətlərini fərqləndirir və qeyd olunan materialdan müxtəlif əşyaları düzəltmək bacarığına yiyələnir, aşağı siniflərdə öyrəndikləri biliklərlə yanaşı, ağacdan hazırlanmış pəncərə, və plastik kütlədən hazırlanmış pəncərə, yaşayış yerinin interyeri və bunların spesifikasiyası kimi mövzularla tam şəkildə yiyələnirlər. [4]

Orta məktəblərdə (VII-IX sinifdə) tədris olunan mövzuları analiz etdikdə bizə məlum olur ki, tədris olunan bütün mövzular şagirdlərin bilik, bacarıq və yaşlarına uyğun olaraq tərtib edilmişdir və şagirdlərin potensial bacarıqları nəzərə alınaraq ardıcıl şəkildə tədris olunur. Şagirdlər yuxarıda qeyd olunan mövzuları mənimsədikdən sonra artıq məişət mədəniyyəti və məişətdə sadə təmir işlərinə aid gündəlik həyatda qarşılaşdığı problemləri asanlıqla, sərbəst həll etmək qabiliyyətinə malik olurlar.

Nəticə:

1. Məişət mədəniyyəti məzmun xəttinə aid olan "Sadə təmir işləri" mövzuları üzrə qazanılmış bilik və bacarıqlar vasitəsilə şagirdlər həyatda insana lazım olan davranış qaydalarına riayət etmək, ailənin və onun büdcəsinin idarə olunmasında iştirak etmək, təhlükəsizlik və sanitariya-gigiyena qaydalarına riayət etmək, sadə təmir-tikinti işlərini yerinə yetirmək və bitkilərə qulluq etmək vərdişləri qazanırlar. Eyni zamanda şagirdlərdə ailə-məişət mədəniyyəti və ənənələri, interyer tərtibatı və dizayn, habelə, ictimai yerlərdə (evdə, nəqliyyatda, məktəbdə, qonaq getdikdə və s.) davranış və ünsiyyət qaydalarına əməl etmək, öz iş və yaşayış yerlərini təşkil etmək bacarıqları formalaşır.

2. Mədəniyyətini tam mənimsəmiş şagird artıq ictimai yerlərdə mədəni davranış və ünsiyyət qaydalarını şərh edir, təlim-tədris və yaşayış yerinin, interyerin tərtibatı ilə bağlı təqdimatlar edır, tərtibat prosesində dizayn bacarıqları nümayiş etdirir, ailə və onun büdcəsinin idarə olunması haqqında fikirlərini şərh edir. Ümumi olaraq şagirdlər V sinifdən etibarən tanış olduqları “Məişət mədəniyyəti” bölməsini VI, VII, VIII və IX siniflərdə daha da təkmilləşdirərək gündəlik həyata inteqrasiya edə biləcəkləri bilik, bacarıqlara və vərdişlərə yiyələnirlər.

3. Yuxarı siniflərdə şagirdlər daha da müstəqil, sərbəst şəkildə bütün məsələləri özləri həll edirlər.

İSTİNAD EDİLƏN ƏDƏBİYYATLAR:

1. Ümumtəhsil məktəblərinin 8-ci sinfi üçün «Texnologiya» fənni üzrə Dərslik (səh. 35-49 /96) Bakı. 2018
2. Ümumtəhsil məktəblərinin 9-cu sinfi üçün «Texnologiya» fənni üzrə Dərslik (60-75 / 128) Bakı. 2018
3. https://www.artı.edu.az/moduload/editor/files/17%20Texnologiya-kurikulum.pdf
4. Ümumi təhsil məktəbləri üçün fənn kurikulumu. Bakı, 2008. (səh. 269)
5. Əsgərov Ş. Təhsillimiz dünən, bu gün, sabah. Bakı, 2003. (səh. 309)
6. Mehrabov A. Azərbaycanın təhsilinin müasir problemləri. Bakı, 2007. (səh. 509)
7. Mehrabov A., Abbasov Ə., Zeynalov Z., Həsənov R. Pedaqoji texnologiyalar. Bakı, 2006. (səh. 53)

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-141-147

COMPARATIVE ANALYSIS OF LONG-TERM RIVER VALLEY DYNAMICS BASED ON ARCHIVAL AND MODERN SATELLITE IMAGERY: THE CASE OF THE KISHCHAY RIVER (SOUTHERN SLOPE OF THE GREATER CAUCASUS, AZERBAIJAN)

AYGUN AZIZOVA

Abstract. *One of the most interesting aspects of the earth's landscape are river valleys. Due to constant hydrologic and sedimentologic processes as well as anthropogenic effects river valleys have been constantly changing their shape over the years. In this article we will use various remote sensing techniques to analyze multi-decadal changes in a river valley. Remote sensing data will range from historical de-classified Corona, Argon and Lanyard images to recent high and mid resolution remote sensing data including Landsat OLI/ETM+ and Sentinel 2 images as well as very high resolution images. Using these methods we will be able to analyze many aspects of the rivers valley using GIS software such as; changes in river width, rate of erosion/accretion, sinuosity and braided index. We will demonstrate the use of these techniques on the Kishchay River which is 34km in length and begins at an elevation of ~3300m and flows down to an elevation of ~221masl at the river mouth. The Kishchay is a series of right tributaries located in the Şəki district on the southern slope of the Greater Caucasus. It has many tributaries of its own including the; Qaynar, Damarçın, Nohurçay, Çuxadurmaz, Duluzdərə, Oxuddərə and Quruçay. Due to the high elevation of the mountains surrounding the Kishchay basin it has been known to be one of the highest risk areas for sel events (torrents and mudflows) on the southern slope of the Greater Caucasus. We will look at how the Kishchay river may have changed based on normal factors that would cause it to do so. Such as fluctuation of flow rates and sediment supply. Other reasons for channel change could include anthropogenic influences such as river bank stabilization around the towns of Kiş and Şəki, removal of water for agricultural use, tree loss and mining of the river bed for gravel. Using both recent and historical remote sensing imagery will allow us to identify if there are any long term trends or just fluctuations over shorter periods of time. These methods can be used to help predict risk of floods and mudflows as well as help manage water usage along the Kishchay valley.*

Keywords: *river channel dynamics; archival satellite imagery; Corona imagery; Landsat; Sentinel-2; GIS change detection; fluvial geomorphology; lateral migration; Kishchay; Greater Caucasus; Azerbaijan; torrential rivers; mudflow (sel)*

1. Introduction

Rivers flow through their valleys and redistribute water, sediment and energy throughout the fluvial system. As channels migrate, banks erode and build up, rivers avulse and flood plains get worked over these processes all happen naturally due to discharge, sediment supply and slope and strength of banks (Langat et al., 2019). However humans have impacted the path of many rivers over the last hundred years through the construction of dams and reservoirs, bank stabilisation works, channelisation, irrigation channels, agriculture taking over flood plains and gravel extraction from streams. To separate out these natural processes from anthropogenic effects longer periods of observation need to be available. This is usually much longer then can be achieved using instrumentally derived data sets.

Due to its wide availability and ability to obtain images at large scales remote sensing from satellites has allowed us to look back at river valley changes over longer time periods. Satellite imagery from the de-classified CORONA, ARGON and LANYARD satellite imagery obtained from the United States between 1960 and 1972 have been publicly available since 1995 and image from Landsat MSS dating back to 1972 are also available (U.S. Geological Survey, 2018). These images allow for analysis of river valleys over a period two to five decades further back than we can using the TM/ETM+/OLI image set from Landsat. More recent satellite imagery can be used to help with

the study of river valley changes. Imagery from Landsat and the Sentinel 2 satellite systems along with commercial satellite systems that offer higher spatial resolution are now widely available.

When combining these images into a GIS program allows for a deeper analysis of how rivers change over shorter and longer periods of time. Rivers channels can be studied to determine migration rate, changes in sinuosity and braiding index as well as land cover changes that occur on flood plains. Research into these areas has grown in the past few years as more studies have become available that can help with flood risk assessments, building development and understanding river ecosystems. In this paper we will look at methods that can be applied to study these topics using old and new satellite imagery. We will discuss how these methods have been used to study similar topics in recent publications. Finally we will apply these methods to the river valleys located on the southern slope of the greater Caucasus in Azerbaijan.

2. Materials

2.1. Study-area considerations

This approach can be applied to any alluvial river reach with sufficient past and current imagery. When selecting a reach it should be considered if (i) it has a single thread, braided or anabranching channel. Because different approaches will work better on different types of channels (Monegaglia et al., 2018). (ii) If there are anthropogenic structures that were introduced during the timeframe you are studying. For example a dam, bridge or levees that can help divide your time series into pre and post. (iii) Availability of imagery that is not covered by clouds and was taken when the river was at its lowest flow stage. Rivers widths will change depending on what flow stage they are at.

2.2. Imagery and ancillary data

Multi source imagery that would normally be used when conducting a long term study are as follows: (a) De-classified CORONA KH-4/KH-4A/KH-4B imagery which are panchromatic images that range from ~2-8m spatial resolution. This provides 1 band of imagery for the 1960's. (b) Landsat MSS imagery taken between 1972-1992 (~60-80m spatial resolution) and Landsat TM/ETM+/OLI imagery taken from 1984-present (30m spatial resolution). These provide many mid resolution images over time. (c) Sentinel-2 MSI imagery taken from 2015-present (10m spatial resolution in some bands). These provide higher resolution images with a revisit time of 5 days. (d) High resolution images if available. This could provide a better look at current channel position. Other data that may be useful when looking at long term river morphology include DEM's to work out how confined the valley is. Older topographical maps and if you can find any flow data this will help understand what the river was experiencing at that time.

3. Methodology

3.1. Geometric correction and co-registration

Archives of CORONA imagery come with limited geo location information and large amounts of panorama distortion and film distortion. Ground-control points are used to geo reference these images by using identifiable features on the land scape (rocks, roads and man made objects) that have remained the same and can be found on both the image of interest and a geo referenced current day image. These points can then be used to apply a polynomial or rubber sheet correction to the image. Landsat/Sentinel-2 are provided as ortho-rectified terrain corrected surface reflectance data. You only need to check if they are registered to your current day image of interest within 1 pixel of the lowest resolution data set you are using (RMS Error < 1 Pixel) (Marzolff).

3.2. Water and channel extraction

Water indices can be used to extract open water and active channel boundaries using the green, NIR and SWIR channels. The NDWI was developed to highlight open water and reduce background noise from vegetation and bare soil NDWI = (Green – NIR)/(Green + NIR) (McFeeters, 1996). A modified version of the NDWI that uses the SWIR instead of the NIR allows water to be distinguished from urban areas and shadows (Xu, 2006). Channel boundaries can be digitised or semi automatically using a supervised threshold of tonal variation when using panchromatic archive images. As water indices cannot be derived. The threshold used for each index will vary by image and can be selected using an otsu or by checking by eye. After applying a binary water mask a morphological filter can

be used to clean up single pixel errors and converted to channel boundary and centreline polygons (Boothroyd et al., 2021).

3.3. Change-detection metrics

There are two methods to quantify how much a channel has changed. The first method uses transects which are spaced equally apart from one another and extend outwards perpendicular to a baseline. Distances between channel margin positions are then measured along these transects and rates of change can be calculated (i.e. Net Change in Shoreline Position, Endpoint Rate of Change, Linear Regression Rate of Change) (Thieler et al., 2009). The second method calculates rates of change based on areas of erosion and accretion. Channel boundaries from different dates are overlaid to calculate the amount of channel that has been lost (erosion) and gained (accretion). This allows for rates of net and gross change to be calculated as well as an average rate of lateral migration (m yr^{-1}) across the reach (Langat et al., 2019). Additional planform characteristics that can be quantified include sinuosity (length of channel / length of valley) and the number of channels across the reach if multiple are present (braiding index). Cutoffs (neck and chutes) can also be detected if there is a large decrease in channel length when comparing centrelines from different dates. Cutoffs can be detected automatically using methods such as PyRIS (Monegaglia et al., 2018) and more recently at larger scales (Yuan et al., 2025).

3.4. Accuracy assessment

Migration rates will have an uncertainty value due to the errors associated with the georeference and water index and stage differences between the different image collection dates. A propagated uncertainty should be reported with migration rates by finding the combined RMSE of the image pairs. Only use the migration rates where the value is greater than this uncertainty.

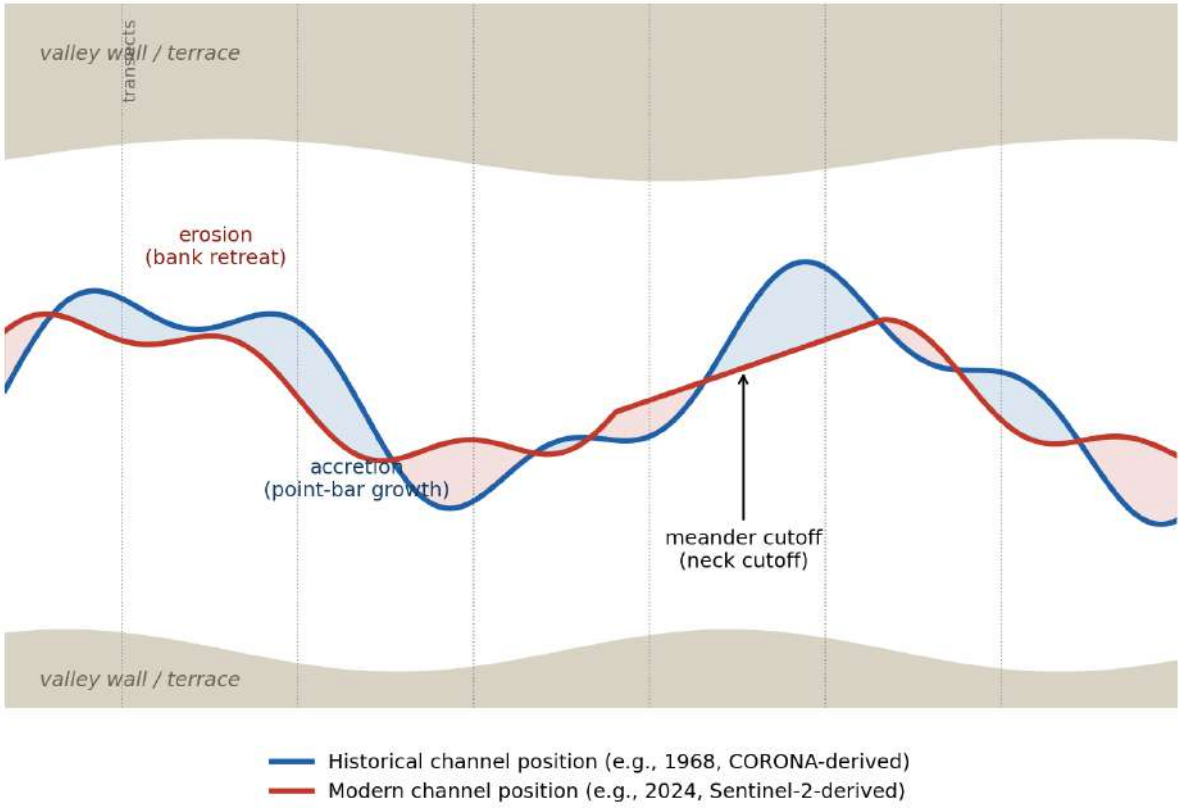


Fig. 2. *Schematic illustration of transect- and area-based channel-change metrics: comparison of historical (archival-imagery-derived) and modern (contemporary-imagery-derived) channel positions within a confined valley reach, showing bank erosion, point-bar accretion, a meander (neck) cutoff, and DSAS-style measurement transects*

4. Case Study: The Kishchay River (Southern Slope of the Greater Caucasus, Azerbaijan)

4.1. Physical-geographical and tectonic setting

The Kishchay river is a sub-system of the right bank of the Şəki district flowing into the Alazan–Əyriçay lowland from the south slopes of the Greater Caucasus mountains. Its length is around 34 km, from the source elevation of around 3300 m a.s.l on the south side of Baş (water divide) ridge to its outlet elevation of about 221 m a.s.l. This gives the Kishchay one of the highest average longitudinal profiles for rivers on the south slopes. Numerous tributaries flow into the main stream; the Qaynar, Damarçın and Nohurçay rivers; the Çuxadurmaz sub-system (including the Sarıgüneyçay, Donuzca, Qoçumırıx, Qaranlıqdərə, Qızılqaya and Göytəpə rivers); and the Duluzdərə, Oxuddərə and Quruçay rivers. Similar to other rivers on the south slopes the Quaternary uplift and erosion of these areas have allowed many terraces to form along the middle and lower courses of the Kishchay. Large amounts of material can also be delivered to the river from the once densely wooded upper reaches of the basin. The Kishchay has been classified in previous studies as one of the most susceptible areas on the south slopes of the Greater Caucasus to experience sel events (Azerbaijan Academy of Sciences, 1965; Tarikhazer et al., 2019).

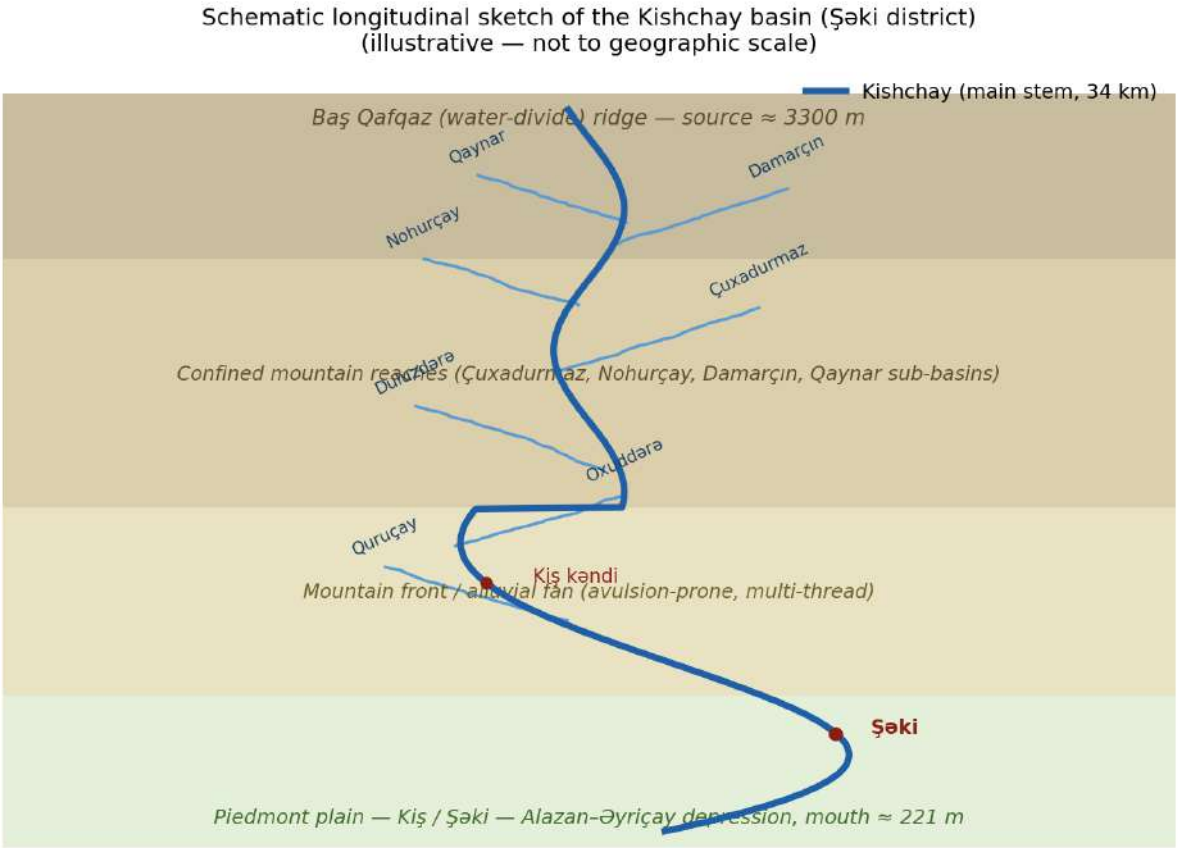


Fig. 3. *Schematic (not-to-scale) longitudinal sketch of the Kishchay basin, Şəki district, showing the main stem from source (≈3300 m, Baş Qafqaz ridge) to mouth (≈221 m, Alazan–Əyriçay depression) together with its principal tributaries.*

4.2. Data availability and adaptation of the framework

There are suitable conditions within the Kishchay valley to implement the previously mentioned archive plus recent images approach. Due to it's location within Azerbaijan which used to be part of the USSR there should be panchromatic imagery between 2–8 m resolution available from CORONA, ARGON and LANYARD missions across most of the Kishchay basin as the Şəki area on the south side of the Greater Caucasus was surveyed throughout the 1960s. Possibly more imagery

could be found from Russian maps created during a similar time period. With the availability of Landsat MSS/TM/ETM+/OLI images since 1972 and sentinel 2 since 2015 we can construct our recent time series. Since most of the Kishchay river has a width of only a couple tens of meters or less over it's 34km long stretch Landsat images will have low utility when trying to directly extract the channels boundaries along the narrow reaches of the upper and middle stretch. They will however allow us to estimate general decade scale changes and see if the alluvial fan is moving closer to or further away from the mountain front. So when determining the boundary of the channel after 2015 sentinel 2 and possibly higher res commercial/UAV images will be used more frequently. Similar studies have been conducted on the nearby Türyançay basin using remote sensing images and ground survey to determine what may have caused the changes in channel bed. In this case anthropogenic activity was determined to be the main cause (Nuriyev et al., 2024). Which our study hopes to find out for the Kishchay.

4.3. Expected patterns of channel adjustment along the Kishchay valley

As shown above with the change-detection variables described in section 3.3 we can assume that as we go down the Kishchay different variables will occur. Due to the narrow valleys that drain through the headwaters and mid stream areas (Qaynar, Damarçın, Nohurçay and Çuxadurmaz) there will likely be very little channel movement. This is due to the channels being limited by the surrounding topography. Change detection may show channel widening during sel events and some movement of boulders on bars. Possibly even channel avulsion if any large woody debris is found on the channel bed. Once we reach the foothills and move onto the alluvial fan of the Kishchay the channel will most likely begin to meander and become more braided. We will see greater change in our sinuosity and braiding index when using the combined dataset of CORONA-Landsat-Sentinel-2 images. The Kishchay may also show some variation on which lobe of the alluvial fan is active during this period of time. As we continue down the Kishchay towards Şəki and the Alazan-Əyriçay depression the channel will probably start to become narrower. With cities and villages growing around the channel we can assume that the banks will start to become less sinuous as well as become straightened out due to roadways and bridges crossing the river. Channel width could also decrease as water is removed for irrigation purposes. These are just predictions that we will have to find out by extracting the variables mentioned above from the image sets described in section 3.

4.4. Management relevance

As the sel hazard has been documented for many years within the Kishchay basin (Azerbaijan Academy of Sciences 1965) a known record of long term channel migration and avulsions would allow the areas at risk to flood and debris flows in the Kishchay valley to be identified. These areas could then be used to target bank protection works and check dam construction in the middle and lower parts of the river. As well as assessing how changes to land cover in the upper catchment may affect channel stability in the lower catchment. This can build on current work that assesses the hazards from mudflows and landslides using field based methods (Tarikhazer et al. 2019).

5. Results

When we look at other river systems that have been studied using similar methods in published studies there are some common themes. When looking at archived CORONA imagery you will often see that before dams were built or channels were altered they showed signs of meandering and multiple channels/bars. All of which can no longer be seen in their current state (i.e. the tigris river prior to impoundment). Using multi decadal data sets obtained from the landsat archive we have seen varying rates of migration over time. These usually correspond with changes due to infrastructure or flooding and rarely see a constant rate of change over a long period of time. Using these methods to compare areas of erosion and deposition we have found similar results over long periods of time (30-50 years). Using channels widths we can see where erosion and deposition is taking place within a channel reach and can see that both processes occur similarly. We have also found that as a result of channel engineering there is a decrease in channel width.

Using sinuosity index's we can see channels increasing in sinuosity over time when they are not being altered by man. We can also identify where meanders are cut off and use this data to analyze

how many meanders are cut off within different rivers. It has been shown that meanders are cut off more often on steeper channels with finer sediments and less vegetation (Yuan et al., 2025). If data from higher resolution imagery or sentinel 2 is available since 2015 we can compare images within a year to each other and see fluctuations in channel width due to seasonality. As a result we should always try to compare images that were taken around the same flow conditions.

6. Discussion

Using older archive images can allow us to increase the temporal extent that we are able to look at a river valley over. We can increase from approximately 40 years using landsat data to 55-65 years by including corana images. And in some cases we can use even older aerial photos. By increasing our temporal data we are able to see longer term trends within river systems and distinguish these from changes caused by weather patterns or individual flood events (Langat et al., 2019).

One issue with including older archive images is that they will need to be geo referenced to a higher degree than more recent satellite imagery. Due to panning errors and lack of data that comes with images from Corana we will have to rely on visual features within the landscape to geo reference the image and take into account the errors that could be present when working out the rates of movement. As stated above archive imagery will also only consist of one band therefore techniques that are used for finding water within the newer multi spectral images will not work for the older images. More research into machine learning could help resolve this problem in the future.

Knowing where steps in movement rate have occurred due to anthropogenic causes can be useful for identifying where rivers are likely to cause flooding in the future. It can also help identify areas of high erosion and cutoff to target where protection works may be needed. This technique can also be used on rivers that cross multiple countries.

7. Conclusions

Here we have described a comparative method that can be used to study long term (multi decadal) river valley change. This was achieved by using old (CORONA, Argon, Lanyard and Landsat MSS) and recent (Landsat TM/ETM+/OLI, Sentinel 2 and very high resolution commercial) satellite imagery. This was demonstrated using the Kishchay River; which is a small steep river located on the south side of the Greater Caucasus in the Şəki region of Azerbaijan. This technique involved using features to help georeference old images, using a water index to detect the river channel within more recent satellite imagery and finally using both transect and area based techniques to measure change. Using this technique on similar rivers and the predictions made for the Kishchay River would show that over longer periods of time there will be non uniform rates of migration and changes to the planform index. It is likely that large steps in these values will coincide with man made infrastructural developments, changes in land use and larger flood/sel events. The ability to include older satellite imagery into our study allows us to have a longer period to analyse and therefore have a greater confidence in detecting any long term trends. Allowing for better prediction of flood/sel risk and management of rivers within the Kishchay Valley and other rivers located on the south slope of the Greater Caucasus. More research could be done into automatically extracting the river channel from old imagery, calculating how much uncertainty there is when measuring rates of migration and using the method described throughout the whole Kishchay River basin.

REFERENCES

1. Allen, G.H., Pavelsky, T.M., 2018. Global extent of rivers and streams. Science 361 (6402), 585–588.
2. Azerbaijan Academy of Sciences, 1965. Kiş çayı hövzəsində sel hadisələri və onlara qarşı mübarizə tədbirləri [Mudflow events in the Kish River basin and control measures]. Azərbaycan EA Nəşriyyatı, Baku (in Russian; reprinted in Azerbaijani by AMEA Şəki Regional Scientific Centre).
3. Boothroyd, R.J., Williams, R.D., Hoey, T.B., Barrett, B., Prasojo, O.A., 2021. Deriving planform morphology and vegetation coverage from remote sensing to support river management applications. Frontiers in Environmental Science 9, 657354.
4. Budagov, B.A., 1973. Cənub-Şərqi Qafqazın geomorfologiyası və yeni tektonikası [Geomorphology and Neotectonics of South-Eastern Caucasus]. Elm, Baku (in Azerbaijani).
5. Langat, P.K., Kumar, L., Koech, R., 2019. Monitoring river channel dynamics using remote sensing and GIS techniques. Geomorphology 325, 92–102.
6. McFeeters, S.K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing 17 (7), 1425–1432.
7. Monegaglia, F., Zolezzi, G., Güneralp, I., Henshaw, A.J., Tubino, M., 2018. Automated extraction of meandering river morphodynamics from multitemporal remotely sensed data. Environmental Modelling & Software 105, 171–186.
8. Nuriyev, A., Imanov, F., Gojamanov, M., 2024. Impact of anthropogenic activities on channel deformations of mountain rivers: case study of the Turyanchay River, Azerbaijan. E3S Web of Conferences 585, 02004.
9. Tarikhazer, S.A., Karimova, E.J., Kuchinskaya, I.Y., 2019. Natural and anthropogenic factors in hazard assessment of the Alpine–Himalayan montane ecosystems (at the example of the Azerbaijan Caucasus). Comptes Rendus de l'Académie Bulgare des Sciences.
10. Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., Ergul, A., 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change. U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.
11. U.S. Geological Survey (USGS) EROS Archive, 2018. Declassified Data — Declassified Satellite Imagery-1 (CORONA, ARGON, LANYARD). U.S. Geological Survey, Sioux Falls, SD.
12. Xu, H., 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International Journal of Remote Sensing 27 (14), 3025–3033.
13. Yuan, C., et al., 2025. A robust method for large-scale detection of river channel cutoffs using multi-temporal water extent mapping and morphological analysis. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-148-151

THE PLANTING OF TREES AND SHRUBS PROCEDURE

TURSUNBOEV KHAMDAM ESHBOEVICH
Department of Agroecology and Introduction of Medicinal Plants Candidate of Biological Sciences docent

KERIMBAEVA AZADA ALIMBAEVNA
1st year doctoral student specializing in ecology

BAZARBAEV NURSULTAN AZATBAY ULI
1 st year master's Hydrometeorology

Abstract. *This transcript in planting trees and shrubs, care about promotional told them to pass. The main source of material used in the city planting, the botanical garden; secondary sources - the forest around the city, plants, and other entertaining crop type of planting trees planted them from a different material from this place and from places will be taken by way of siyraklashtirish quarters; the conduct of natural and artificial construction designed to work available in the area of crop; ko'chatxonala different types ofpromotional information about r has been given.*

Key words: *forest, environment, environmentalya, agronomica, oxygen, excavators.*

Introduction. A forest is a complex of trees, shrubs, and other natural objects located on forest fund lands that interact with each other and affect the environment, and that have ecological and socio-economic significance (including land, subsoil resources, water, flora and fauna, and atmospheric air). [1].

Procedure for Planting Trees and Shrubs

Planting trees and shrubs is the main production process, and how correctly and thoroughly it is carried out determines the success of landscaping. The use of machines and mechanisms when planting trees and shrubs within a short time helps create attractive scenery and further beautify the appearance of the city.

Main Types and Sources of Planting Material

The main source of planting material used in urban landscaping is ornamental plant nurseries and botanical gardens. Secondary sources include forest vegetation around the city, recreation areas, and other plantations. In such places, planting material is obtained by thinning areas where uniform trees are planted or from forest stands. Natural and artificial plantations located in areas designated for construction, as well as various types of nurseries, also serve as sources. Nurseries that cultivate ornamental plants prepare the following planting materials: Standard seedlings of shrubs aged 3–5 years (for group plantings and hedges); 6–10-year-old seedlings (for individual or grouped plantings in designated places); Trees up to 14 years old for individual, mass, and group plantings; Seedlings aged 5–11 years (3–5 years for fast-growing species, 6–11 years for slow-growing species). Seedlings of deciduous tree species are taken from nurseries with open root systems and planted in the field during spring and autumn. Species such as birch, oak, and coniferous trees are taken together with the soil around their roots (root ball). These species are mainly used for establishing mass plantations in forest parks, gardens, and recreational parks, and in limited amounts for planting along avenues. Trees aged 12–16 years (12–14 years for fast-growing species and 15–16 years for slow-growing species) are taken from nurseries with the root system wrapped in soil in accordance with special agrotechnical requirements. They are used for planting along avenues in rows or individually. Large trees grown for a long period, up to 25 years old, are transplanted only together with the soil around their roots according to special agrotechnical requirements. Such transplanting can be carried out throughout the year and is widely used to quickly achieve

landscaping results in streets, parks, avenues, and squares. Rare trees and shrubs of various species and shapes, as well as exotic plants with high ornamental value, are transplanted only together with the soil around their roots and with strict adherence to agrotechnical requirements. They are used for individual and group plantings when landscaping important sites. Planting materials grown in local nurseries are more resistant to natural conditions. If local nurseries are absent, seedlings and planting materials are brought from other regions. In this case, their origin must be considered. It is not advisable to bring planting material from extremely southern or very humid regions, since such plants are often not resistant to winter and cannot quickly adapt to dry air with low relative humidity. Seedlings grown from seeds and planted directly in landscaping areas or transplanted for further cultivation are called seed seedlings**.** Materials that are transplanted and further cultivated are called transplant seedlings. Seedlings used in landscaping must meet the technical requirements for tree and shrub planting material approved by municipal improvement departments.

Transportation of Seedlings and Timing of Work

Transplanting trees and shrubs from nurseries to landscaping areas is a very complex process and stressful for plants. Digging them up, transporting them, and replanting them in permanent places negatively affect their growth and development in the following years. When trees and shrubs are dug up, their root systems are damaged, especially the most active small roots. Therefore, special care must be taken when digging plants, and during transportation they must be protected from drying out, root damage, and damage to the above-ground parts. Transporting plants with exposed roots is prohibited. When transporting seedlings from nurseries to planting sites, the following rules must be observed: Before loading, the bottom of the vehicle should be covered with tarpaulin and soft materials (straw, sawdust, etc.); Trees and shrubs should be loaded individually or in groups; Soft fabric, straw, or other materials should be placed where the trunk touches the vehicle sides; After loading, the roots should be wrapped with tarpaulin; It is strictly forbidden to step on seedlings or place loads on top of them. Trees brought to the planting site should be placed in a shaded area and covered with tarpaulin if they are to be planted the same day. If planting is delayed, the plants should be temporarily buried in a trench. One side of the trench is dug at a 45° slope, the plants are placed inside, and the roots are covered with soft soil above the root collar. The soil is compacted, and if the ground is dry, it is watered.

Recommended Age of Seedlings

Experience in landscaping work in Uzbekistan shows that 6–10-year-old ornamental tree seedlings suffer less damage in urban conditions, adapt quickly, and grow well. Under the conditions of Uzbekistan, trees and shrubs can be transplanted in autumn and spring**,** and during mild winters from October to April**.** Coniferous species planted with soil around the roots grow best when transplanted in early autumn (late September–November) or early spring (February–March) during periods of active root growth. Planting deciduous trees and shrubs in early spring (February–March) generally produces better results than autumn planting. Seedlings planted in autumn often dry out during warm winters before the spring growth period begins. However, spring in Uzbekistan begins early and progresses rapidly. Plants grow quickly, buds open, and leaves develop, which can negatively affect plant survival. Therefore, during spring planting it is essential not to miss the optimal time. During the spring–summer season**,** planting is allowed only when necessary and only with soil around the roots. In such cases, about 70% of the branches and 50% of the leaves must be removed. Regular watering and spraying the crown with water (in the morning or at sunset) ensures better plant survival. The planting period can also be extended artificially by slowing plant growth. For this purpose, plants dug in autumn are stored buried in basements or refrigerated chambers at temperatures not exceeding +5°C. In Uzbekistan, the autumn planting period can also be extended if winter weather conditions allow it.

Planting Trees and Shrubs

The successful establishment of newly transplanted trees and shrubs depends largely on adherence to agrotechnical requirements and minimizing the time between digging and planting. Planting methods and the selection of necessary equipment depend on: the size and age of planting

material, plant species, and the purpose of planting. Planting sites indicated in the project are marked with stakes placed at the corners. For single tree planting sites, a rope is tied to a central stake to mark the diameter of the planting pit. Pits for seedlings with open roots are dug round or square**.** After digging, the bottom should be loosened to a depth of 10–12 cm**.** Although planting can be done immediately, it is recommended to dig pits 5–7 days before planting so that lower soil layers become enriched with oxygen. The size of the planting pits depends on the size of the trees and shrubs. Cylindrical pits 50–100 cm in diameter are dug using special devices. Rectangular pits can be dug with excavators. A stake is installed in the center of the pit at a depth of 15–20 cm to support the planted seedling. The stake is about 2 m high with a top diameter of 3 cm**.** Before planting, one quarter of the pit is filled with fertile soil and lightly compacted with the foot. The soil should not contain large clods. On sunny days, plant roots should not remain exposed for more than 15 minutes**.** Before placing the seedling in the pit, it is inspected and damaged branches and roots are removed. The roots are dipped in a prepared mixture of soil, peat, clay, and water. The relationship between the size of planting pits (depth and volume) and plant size is shown in Table 1**.**

1-table

Among planting (chukurlik) the size of the size of the plants weightloss

Without the roots, the seedlings	of diameter, m	Depth, and m is
Natural when it is planted in fertile soil	0.8	0.7
mod feed less, additional soil, opportunities and applications of soil is necessary in the road,	the trees	
	1,0	0.8
Xandaklarga when planting:	Bushes	
a kator a green wall	0.7	0,6
a green wall kator Two	0.55 to	0,6
	0.8-0,9	0,6

If the roots are dipped in such a mixture, the root system develops better and ensures rapid adaptation between the roots and the soil. Adding a 0.001% solution of heteroauxin or soaking the roots in water for 24 hours accelerates the growth of new roots and improves the survival rate of the plants. When placing the seedling in the pit, soil should be filled so that the root collar is positioned 2–3 cm above the ground surface**,** which will later level with the soil surface after settling. The dimensions of the planting pit depending on the volume of the root ball are presented in Table 2**.**

2-table

According to the volume of the soil among the roots the size of

The packaging material of the seedlings with the roots, the	Roots of the soil, m			Depth, m.		
	Diameter	size around the	Height	Pit Depth (m)	pit Size (m) Side Length	Pit Diameter
Soft	0,6	-	0,5	1,0	-	0.7 Of
Hard	0.8	1 Ox 1,0 indicator of increase 1.3 x 1.3 1.5 1.5 x 1.5 1.5 x	0,60 0,60 0,60 0,65	1,5	1,9x1,9 2,2x2,2 2,4x2,4	0,85x0,85 0,85x0,85

The roots of the seedling are placed on the soft soil previously poured into the pit, and the small roots are carefully straightened so that none of them are bent or twisted. Then soil is gradually added around the roots. Starting from the central part of the pit toward the sides, the soil is compacted along the diameter.To ensure good contact between the roots and the soil, the seedling is slightly shaken. After that, soil is filled up to the surface of the pit and compacted with the feet (from the edges of the pit toward the center).The seedling is then tied to the stake with a rope. A small basin is formed around the seedling for watering, and it is thoroughly watered. Such immediate watering is necessary to provide the plant with water and, most importantly, to help the

moist soil settle and firmly adhere to the roots. For the establishment of green hedges, trenches are prepared using ditch-digging equipment and special excavators. The fertile soil obtained during trench digging is collected separately and later used to cover the roots when planting the seedlings. The average planting rate of seedlings per 1 hectare is as follows: Trees: 200–400 plants, **s**hrubs: 1,500–2,000 plants, **g**reen hedges: about 10,000 plants per 1 km**.** It should be noted that trees, even fast-growing species, begin to display their ornamental qualities only 5–6 years after planting, while slow-growing species reveal their decorative characteristics only after 10–12 years[15]. Flowering ornamental shrubs can achieve their decorative effect as early as the first or second year after planting**.** Therefore, I.T. Remiskevich (1955) recommends that during the first years of establishing avenues and recreational parks, mainly shrubs and fast-growing trees should be planted, while slow-growing trees should be planted in the following years.

REFERENCES

1. Tursunboev H. E., Sh E. DORIVOR GULXAYRINING SHIFOBAXSH XUSUSIYATLARI //МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН КАРАКАЛПАКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ БЕРДАХА. – С. 131.
2. Rajabova G. B., Tursunboev H. E. ANORNING BIOLOGIYASI VA XALQ TABOBATIDAGI AHAMIYATI //Conferences. – 2025. – Т. 1. – №. 7. – С. 226-229.
3. Menesheva M., Tursunboev H. E. KUNJUT (SESAMUM INDICUM L.) O ‘SIMLIGINING DORIVOR XUSUSIYATLARI VA TIBBIYOTDA QO ‘LLANILISHI //Conferences. – 2025. – Т. 1. – №. 7. – С. 209-210.
4. Турсунбоев Х. Е. Размножение некоторых интродуцированных видов рода Acer L. на среднезасоленных почвах на юге Каракалпакстана //Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2010. – №. 2. – С. 85-86.
5. DOSJANOVA G. et al. CATALPA L. TURKUMI TURLARI URUG ‘LARINI LABORATORIYA SHAROITIDA UNUVCHANLIGI //«ACTA NUUz». – 2025. – Т. 3. – №. 3.1. 1. – С. 23-25.
6. Турсунов Х. КОРХОНАЛАРДА МЕХНАТНИ МУХОФАЗА КИЛИШНИ АСОСИЙ ЧОРА-ТАДБИРЛАРИ ВА УНИ ТАШКИЛ ЭТИШДА КАСАБА УЮШМАЛАРИНИНГ РОЛИ //Xorijiy hamkorlar ishtirokida o ‘tkazilgan Respublika ilmiy-amaliy anjumani to’plamining TAHRIR XAY’HATI. – 2023. – Т. 607.
7. Law of the Republic of Uzbekistan “On Forests.” Materials of the XIV session of the Oliy Majlis. Tashkent, 1999
8. Norboyeva N. Z., Tursunboev X. E. JIYDA (ELAEAGNUS L.) O’SIMLIGINING BIOLOGIYASI VA SHIFOBAXSH XUSUSIYATLARI //Conferences. – 2025. – Т. 1. – №. 7. – С. 155-157.
9. Sobirova I. R., Tursunboev X. E. MENTHA PIPERITA L. O'SIMLIGINING BIOLOGIYASI VA DORIVORLIK XUSUSIYATLAR //Conferences. – 2025. – Т. 1. – №. 7. – С. 261-263.
10. Nagiyeva A. et al. Comprehensive molecular genetic characterization of the ICE1 gene in Arum korolkowii and functional insights into its encoded protein //Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2025. – Т. 23. – №. 2. – С. 355-367.

DOI:10.24412/2709-1201-2026-1-152-158

GREEN NANOTECHNOLOGY FOR A SUSTAINABLE FUTURE

MANSIMZADEH SAMA MUGADDAS
Student at the Faculty of Chemistry and Biology, Azerbaijan State Pedagogical University
Baku, Azerbaijan

Abstract: *Green nanotechnology is a modern scientific field directed towards using the possibilities of nanotechnology to be safer, resource-saving, and to reduce the impact on the environment. In this article, the main principles of green nanotechnology, the synthesis of nanomaterials by ecological methods, and various application areas have been investigated. The main mechanisms and advantages of obtaining nanomaterials using plant extracts, microorganisms, and biomass-based raw materials have been reviewed. At the same time, the application of green nanotechnology in agriculture in the form of nanofertilizers, nanopesticides, and nanosensors, and in the cleaning of water and soil through adsorption, photocatalysis, and nanofiltration processes has been analyzed. The article has also given attention to problems such as the ecotoxicological effects of nanomaterials, the scaling up of production, and standardization. It has been shown that in the future, approaches such as artificial intelligence, circular economy, and life cycle assessment can contribute to the more sustainable development of green nanotechnology.*

Key words: *Green nanotechnology, green synthesis, nanomaterials, phytosynthesis, ecological remediation, sustainable development*

Nanotechnology, considered one of the most important scientific-technical achievements of the 21st century, enables the control of substances at the nanometer scale and the use of their new physico-chemical properties. The high surface area, reactivity, optical, electrical, magnetic, and catalytic properties of nanomaterials have created conditions for their application in various fields such as medicine, energy, agriculture, electronics, and environmental protection. Along with this, the widespread use of nanomaterials also necessitates careful assessment of the environmental impacts of their production processes. In some cases, traditional nanomaterial synthesis involves the use of toxic and hazardous chemical reagents, organic solvents, and high-energy-demanding processes [3]. The chemical waste generated as a result of these processes and the high resource demand of production can create certain problems in terms of the sustainable development of nanotechnology. For this reason, one of the main issues facing modern nanoscience is not only the preparation of highly effective nanomaterials, but also their production through safer, less wasteful, and environmentally sustainable methods. As a result of this need, the concept of green technology has been formed and developed over recent decades [5]. Green nanotechnology is a multidisciplinary direction that combines the possibilities of nanotechnology with the principles of green chemistry and sustainable development [7]. The main goal of this approach is to reduce potential negative effects on the environment and human health during the preparation, use, and disposal of nanomaterials, while at the same time using resources more efficiently. Green nanotechnology mainly covers two interrelated directions. The first direction is the green production of nanomaterials [2]. In this process, plant extracts, microorganisms, fungi, algae, enzymes, and other biological sources are used to replace part of the traditional chemical reduction and stabilization reagents. This process is referred to in the literature as green synthesis or biosynthesis. Various biomolecules present in biological sources can participate in the reduction of metal ions and the stabilization of the resulting nanoparticles.

During the first stage, bioreduction, metal ions are reduced under the influence of various molecules present in the biological source. For example, in the synthesis of silver nanoparticles, the reduction of Ag^{+} ions to the Ag^{0} form occur. Polyphenols, flavonoids, ascorbic acid, sugars, and other reducing substances present in plant extracts can participate in this process [6]. In this respect, the plant extract serves not only as a raw material source but also as a biological system that assists

the chemical reaction. The atoms formed as a result of reduction combine with each other to form smaller nuclei. This stage is called nucleation. Nucleation plays an important role in the formation of the subsequent size and, to a certain extent, the shape of the nanoparticles. Factors such as the pH of the reaction medium, temperature, the concentration of metal ions, the amount of biological extract, and the duration of the reaction can affect the nucleation process [6]. Therefore, even when the same plant is used, nanoparticles with different sizes and morphologies can be obtained under different synthesis conditions. The next stage is stabilization. Since nanoparticles have a very small size and high surface energy, they tend to combine with each other to form larger aggregates. Proteins, polyphenols, flavonoids, and other organic molecules present in biological sources can bind to the surface of the nanoparticles, to a certain extent limiting their aggregation and increasing colloidal stability [6]. Therefore, these biomolecules can act not only as reducing agents but also as stabilizing or capping agents. Thus, reduction and stabilization processes in green synthesis may occur in an interconnected manner. This is one of the main characteristics that distinguishes green methods from conventional synthesis methods. However, it would not be appropriate to suggest that the mechanism is the same in all cases. The chemical composition of the plant used, the type of microorganism, and the properties of the synthesized nanomaterial may affect the course of the process. Various biological sources are used to obtain nanomaterials in green nanotechnology. The main approaches can be divided into three major groups: phytosynthesis, microbe-mediated synthesis, and biomass- or waste-based synthesis. Phytosynthesis involves the use of extracts prepared from various parts of plants, including leaves, roots, stems, flowers, fruits, and especially fruit peels. Since plants contain numerous biologically active compounds, they can participate in the reduction of metal ions and the stabilization of the resulting nanoparticles [5]. One of the main advantages of this method is its relative simplicity. Obtaining plant material and preparing extracts can, in some cases, be easier than cultivating microorganisms. Another important advantage of phytosynthesis is the possibility of using various plants and plant wastes. For example, fruit peels and other agricultural residues may, in certain cases, be rich in bioactive compounds and can therefore be considered as raw materials for nanoparticle synthesis [5]. This approach can also be associated with the principles of the circular economy in terms of converting waste into valuable products. However, phytosynthesis also has certain limitations. The chemical composition of a plant may vary depending on its species, growing conditions, geographical origin, season, and extract preparation method [1]. This variability may affect the size, shape, and surface properties of nanoparticles. Therefore, reproducing laboratory-scale results in the same manner on an industrial scale is not always easy.

The second major approach is the biosynthesis of nanoparticles using bacteria, fungi, yeasts, and some algae. Microorganisms can reduce metal ions intracellularly or in the extracellular environment [7]. In this process, the metabolic activity of microorganisms, cell wall components, proteins, and enzymes may play important roles. One interesting feature of microbe-based methods is the possibility of influencing the formation of nanoparticles through a biological system. Under appropriate conditions, some control over the size and morphology of the particles can be achieved [7]. Therefore, these methods are considered promising in research where controlling the properties of nanomaterials is important. At the same time, microbe-based synthesis also presents practical challenges. Temperature, pH, nutrient medium, and other parameters need to be controlled for microorganism growth. In some cases, ensuring sterile conditions and obtaining sufficient biomass require additional time and resources [1]. These factors may make large-scale application of the method more difficult. Another approach that has attracted attention in recent years is the use of biomass and various organic wastes for nanomaterial synthesis. Fruit peels, seed residues, straw, and other plant-derived materials generated from agriculture and the food industry can be used in nanoparticle synthesis due to their bioactive compounds [7]. The main advantage of this approach is that it connects two environmental problems. On the one hand, the problem of the amount of waste and its management can be reduced to some extent; on the other hand, these wastes can be

converted into raw materials with added value. Thus, the transition from waste to nanomaterial production can be considered one of the examples of applying the circular economy concept.

Although different green synthesis methods serve the same purpose, each has its own advantages and disadvantages. Phytosynthesis attracts attention due to its simplicity, availability of raw materials, and relatively low cost. Especially when plant wastes are used, both the reuse of raw materials and nanomaterial production can be combined in a single process. However, variations in the chemical composition of plant extracts may make it difficult to standardize the properties of nanoparticles [1]. Microbe-based synthesis, on the other hand, may allow more specific control of biological processes. Nevertheless, the cultivation of microorganisms, preparation of nutrient media, maintenance of sterile conditions, and relatively long process duration create additional technical requirements [1]. Therefore, economic and technical factors should be evaluated separately when transferring laboratory results to an industrial scale. Biomass- and waste-based synthesis is particularly interesting from the perspective of sustainable development. Here, the main advantage is not only the production of nanoparticles by a “green” method, but also the reintroduction of material previously considered waste into the economic cycle. However, the variable composition of waste raw materials may also create a standardization problem in this method. Overall, it would not be correct to state that one method is universally superior in all cases. The choice depends on the type of nanomaterial to be synthesized, the required particle size, the field of application, the availability of raw materials, and the production scale. Therefore, in modern research, not only the search for new biological sources but also the optimization of process parameters, standardization of nanoparticle properties, and adaptation of laboratory methods to industrial scale are considered among the main directions. Agriculture is an important sector in terms of meeting the food needs of the population, while also making extensive use of water, soil, and mineral resources. In conventional agriculture, excessive or inefficient application of fertilizers and pesticides can lead to deterioration of soil quality, contamination of water bodies, and an increased chemical burden on ecosystems. In this context, the application of nanotechnology to agriculture creates new opportunities for more efficient use of resources and more targeted delivery of substances. One of the main applications in this area is nanofertilizers. Nanofertilizers are developed to provide essential nutrients for plants, such as nitrogen, phosphorus, potassium, and various micronutrients, in a more controlled manner. The small size and high surface area of nanostructures can alter their interaction with plants and may enable more efficient use of nutrients [5]. A certain proportion of conventional fertilizers may be washed out of the soil without being absorbed by plants and enter groundwater and surface water. This can create environmental problems, particularly due to the entry of nitrogen and phosphorus compounds into aquatic ecosystems. One of the main ideas behind nanofertilizers is the controlled and gradual release of nutrients. In such systems, a nutrient element may be associated with a nanostructured carrier or enclosed within a special coating. As a result, the delivery of the nutrient to the plant can be controlled to some extent. This approach is promising in terms of increasing fertilizer efficiency and achieving the same productivity with lower resource consumption [5]. However, the long-term effects of nanofertilizers on soil microorganisms and soil ecosystems should be evaluated separately.

Various nanomaterials are also being studied for the prevention of plant diseases. For example, silver- and copper-based nanomaterials are being investigated for the management of bacterial and fungal plant diseases because they can exhibit antimicrobial properties against microorganisms [5]. The effects of these materials may be related to their surface properties, particle size, and application concentration. Therefore, the amount of nanomaterial and the method of application are of particular importance in agriculture. Another application of green nanotechnology in agriculture is nanosensors. Nanosensors can be used to determine soil moisture, temperature, the concentration of certain nutrients, and the stress status of plants [7]. Such technologies enable faster acquisition of information in agriculture and allow more accurate decisions to be made regarding irrigation, fertilization, and plant protection. This approach is

closely related to the concept of precision agriculture. For example, continuous monitoring of soil moisture can allow irrigation to be carried out only when needed. Similarly, obtaining information about nutrient deficiencies in plants can enable more targeted application of fertilizers instead of applying the same amount across the entire field. Thus, nanotechnology can be used not only in the development of new products but also in improving the decision-making process in agriculture. However, there are certain risks associated with the application of nanomaterials in agriculture. When nanoparticles enter the soil, some of them may interact with soil microorganisms, move through water, or be taken up by plants. Therefore, not only the effectiveness of nanofertilizers and nanopesticides but also their behavior in soil, degradation, and long-term effects on the ecosystem should be studied. This issue demonstrates the importance of associating the term "green" in green nanotechnology not only with the production method but also with the entire life cycle of the material. Water pollution is one of the major environmental and social problems of the modern era. Heavy metals, organic compounds, dyes, pharmaceutical residues, and other pollutants can enter water bodies as a result of industrial activities, agriculture, household waste, and various chemical processes. Since it is difficult to completely remove some of these substances through conventional treatment processes, there is a need for more effective technologies. The high surface area and specific reactivity of nanomaterials make their application in water treatment promising [4]. In green nanotechnology, metal oxide nanoparticles in particular have been extensively studied. Materials such as iron oxide, zinc oxide, and titanium dioxide can be used to remove and degrade various pollutants from water [4]. Some types of these materials exhibit photocatalytic properties. During photocatalysis, highly reactive particles are generated on the surface of the nanomaterial under the influence of light energy, and they may cause certain organic pollutants to break down into simpler substances. In particular, titanium dioxide (TiO_2) is one of the widely studied nanomaterials in photocatalytic water treatment processes. As a result of electronic processes occurring on its surface under light irradiation, reactive oxygen species may be generated. These substances can react with dye molecules and other organic pollutants, helping to degrade them [4]. Zinc oxide is also studied in various environmental applications due to its similar photocatalytic properties.

Another important application of nanotechnology in water treatment is the adsorption process. The high specific surface area of nanomaterials allows them to accumulate various pollutants on their surfaces. This property is particularly important for the removal of heavy metal ions from water. Toxic metal ions such as lead (Pb), cadmium (Cd), mercury (Hg), and others may interact with functional groups on the surfaces of various nanostructured adsorbents, making their separation from water possible [4]. Iron oxide-based nanomaterials are of particular interest in this field as well. One of their advantages is that forms possessing magnetic properties can be separated from water using an external magnetic field. Thus, after the nanomaterial adsorbs the pollutant, its removal from the aqueous environment can be carried out more easily. This property is important in terms of the reuse of nanomaterials and the management of the purification process. Nanomembranes are also one of the important directions in water treatment. By controlling the pore size and surface properties of nanostructured membranes, it is possible to separate certain substances from water. These technologies are being investigated for processes such as filtration, desalination, and wastewater treatment. The addition of nanomaterials to membranes can alter their mechanical, chemical, and antimicrobial properties.

Another application area of green nanotechnology is the remediation of soil and contaminated sites. Heavy metals and other persistent pollutants can accumulate in soil as a result of industrial activities. Certain nanomaterials can adsorb these substances, reducing their mobility and limiting the transfer of pollutants into groundwater [4]. On the other hand, some nanomaterials can accelerate the chemical transformation of pollutants, helping to convert them into less harmful forms. For example, iron-based nanomaterials are being studied for the transformation of certain pollutants in soil and water. The high reactivity of nanoscale iron enables it to participate in various chemical reactions. However, when applying this technology under real environmental conditions,

the dispersion of the nanomaterial in soil, its interactions with other components, and its subsequent fate should be taken into account. One of the advantages of nanotechnology in environmental remediation is its potential to act on pollutants in a more targeted manner. However, it cannot be automatically assumed that the high efficiency achieved under laboratory conditions will produce the same results in real ecosystems. The complex chemical composition of natural waters, temperature, pH, the amount of organic matter, and other factors can affect the behavior of nanomaterials. Therefore, in recent years, attention has been directed not only to the question of "how effectively does the nanoparticle remove the pollutant?" but also to the question of "where does the nanoparticle go after the process?" Nanoparticles can move between water, soil, and living organisms, aggregate, or bind to the surfaces of various substances. Their long-term behavior and possible ecotoxicological effects are still subjects of research. For this reason, in the application of green nanotechnology, it is not sufficient for only the production process of the nanomaterial to be environmentally friendly. All stages, from the production of the nanomaterial to its use, entry into the environment, and disposal, should be evaluated.

The results obtained show that the main objective of future research should not only be the development of new nanomaterials, but also their development in forms that are safer, require fewer resources, and can be applied on an industrial scale. In this regard, the future development of the field may take shape along several main directions. First of all, the development of multifunctional nanomaterials and nanosystems is considered one of the important directions. In the traditional approach, a nanomaterial was mainly designed to perform one function. In modern research, however, there is increasing interest in creating structures that allow the same nanosystem to perform several functions. For example, certain nanosystems may detect a pollutant, determine its amount, and at the same time help remove that pollutant. This approach is particularly promising for environmental monitoring, water treatment, and nanosensors used in agriculture [4].

Another important direction is the integration of artificial intelligence and machine learning into nanomaterial design. The properties of nanomaterials depend on numerous factors during synthesis, such as temperature, pH, reaction time, reagent concentration, and the composition of the biological source. Checking all of these parameters using only traditional experimental methods often requires considerable time and resources. Artificial intelligence and machine learning algorithms can analyze large volumes of experimental data and identify relationships between different synthesis parameters and material properties [1]. This may allow optimal synthesis conditions to be determined with fewer experiments in the future and may reduce the consumption of raw materials, energy, and time. The third direction is the broader application of circular economy principles to green nanotechnology. In particular, the use of biological wastes generated from agriculture and the food industry as raw materials for nanomaterial production is highly significant in this regard. Fruit and vegetable peels, plant residues, seeds, and other biomass materials can be used in the biosynthesis of nanoparticles due to the various organic compounds they contain [2]. In such an approach, waste is considered not merely as material requiring disposal, but as a resource for obtaining a new product. This can contribute both to reducing waste and to using raw material resources more efficiently.

Another important issue for future development is the transition from laboratory-scale results to industrial-scale applications. Although many green synthesis methods appear simple and effective under laboratory conditions, obtaining the same results during large-scale production is not always easy. Variability in the composition of biological raw materials, standardization of nanoparticle size and shape, process reproducibility, and production costs are among the main factors that must be considered in industrial applications. Therefore, in future research, it is important to focus not only on developing new synthesis methods but also on their scalability and economic efficiency [7]. Standardization and regulatory issues are also of particular importance in the development of the field. The size, shape, surface properties, and chemical composition of nanomaterials can affect their biological and environmental behavior. Therefore, the application of standardized characterization and safety assessment methods is important so that the properties of

the same type of nanomaterial prepared in different laboratories can be compared. The development of international standards and assessment protocols may facilitate the transition of green nanomaterials from scientific research to industrial applications [2]. In this regard, another major direction of future research is the development of ecotoxicology of nanomaterials. There are still many issues to be investigated regarding the behavior of nanomaterials in the environment and their long-term effects on living organisms. How nanoparticles move in soil, water, and living organisms, over what period they degrade or transform, and how they interact with other chemical substances should be studied in greater detail [2]. In particular, it is not appropriate to assess the safety of "green"-synthesized nanomaterials solely on the basis of their production method. The actual environmental impact of the material should be determined by considering its entire life cycle.

In conclusion, green nanotechnology is one of the modern scientific fields that aims to use the capabilities of nanotechnology while causing as little harm as possible to the environment and human health and promoting more efficient use of resources. Certain toxic substances used in conventional nanomaterial synthesis, high energy requirements, and the chemical waste generated have made the development of safer and more environmentally friendly approaches necessary. In this context, green nanotechnology enables nanomaterials to be produced using more suitable methods and applied to the solution of environmental problems. Among green synthesis methods, phytosynthesis using plant extracts, synthesis using microorganisms, and the use of various biomass and waste materials occupy an important place. In these methods, biologically active substances present in plants, microorganisms, and biomass can participate in the formation and stabilization of nanoparticles. In particular, the use of agricultural and food waste as raw materials is an interesting approach in terms of reducing the amount of waste and converting it into useful products. The application areas of green nanotechnology are also quite broad. In agriculture, nanofertilizers, nanopesticides, and nanosensors can contribute to more efficient resource use and the development of precision agriculture. In water and soil treatment, various pollutants can be removed by utilizing the adsorption, photocatalytic, and filtration properties of nanomaterials. In addition, nanotechnology has potential applications in energy, medicine, and other fields. However, obtaining a nanomaterial from a biological source does not automatically mean that it is completely safe. The size, shape, surface properties, and chemical composition of nanoparticles can affect their behavior in the environment and their interactions with living organisms. Therefore, in the development of green nanotechnology, it is important to consider not only the environmental nature of the synthesis process but also the entire life cycle of the nanomaterial, from production to use and disposal. In the future, technologies such as artificial intelligence and machine learning are expected to play an important role in optimizing nanomaterial synthesis conditions, expanding the use of waste and biomass as new sources of raw materials, and developing safer and multifunctional nanomaterials. At the same time, transferring laboratory-scale results to industrial scale, standardizing synthesis processes, and conducting long-term assessments of environmental safety remain among the main challenges.

Overall, the main goal of green nanotechnology is not only to create new nanomaterials, but to do so with fewer resources, less waste, and the lowest possible environmental risk. The successful development of this field depends on collaboration among various scientific disciplines, including chemistry, biology, materials science, ecology, and engineering. Therefore, green nanotechnology can be considered one of the promising scientific fields for achieving sustainable development goals.

ƏDƏBIYYAT:

1. Abdel-Karim R. Green and Sustainable Nanomaterials: Synthesis, Applications, Challenges, and Future Prospects // Handbook of Ecomaterials. – Cham: Springer, 2026.
2. Khayri J.M., Anju T.R., Jain S.M. Green Nanotechnology Applications for Ecosystem Sustainability. Cham: Springer, 2025. – ISBN 978-3-031-90765-4.
3. Duan H., Wang D., Li Y. Green Chemistry for Nanoparticle Synthesis // Chemical Society Reviews. – 2015. – Vol. 44, № 16. – P. 5778–5792. – DOI: 10.1039/C4CS00363B.
4. Green Nanomaterials: Sustainable Innovations and Diverse Applications. – Washington, DC: American Chemical Society, 2025. – DOI: 10.1021/bk-2025-1520.
5. Green Nanotechnology: Status, Advantages, and Existing Limitations // Sustainable Nanostrategies for Biorefineries. – Cham: Springer.2026
6. Iravani S. Green Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants // Green Chemistry. – 2011. – Vol. 13, № 10. – P. 2638–2650. – DOI: 10.1039/C1GC15386B
7. Pandey B.B., Matang M., Ganvit V.M., Patel H., Sharma R.K. Green Chemistry and Nanotechnology: An Indispensable Modern Yardstick, Symbiotic Relationship and Future Perspective. – Cham: Springer, 2026.

СОДЕРЖАНИЕ
CONTENT

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ
MEDICAL SCIENCES

СЫДЫКОВА МАХИНУР ТУРГАНЖАНОВНА [АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН] ТРУБНАЯ БЕРЕМЕННОСТЬ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ.....3

АБЫЛКАСЫМОВА А. А., БЕЙСЕНБЕК С. М., ДОЩАНОВА А. К., ПИРНАЗАРОВА Д. К., ТҮЙМЕБАЕВА Ж. М., ТАЙШЫКОВА АЛТЫНАЙ АМАНГЕЛЬДИЕВНА [КАРАГАНДА, КАЗАХСТАН] СРАВНИТЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ТЕСТОВ IGRA (QUANTIFERON-TB GOLD PLUS И T-SPOT.TB) В ПРАКТИКЕ ДИАГНОСТИКИ ТУБЕРКУЛЕЗНОЙ ИНФЕКЦИИ.....11

АСКЕРТАЕВА АЙГАНЫМ АБАЕВНА, ЖҰМАДУЛЛА МАДИНА ПЕРНЕБЕКҚЫЗЫ, ШИНТАЕВА НУРЖАМАЛ УТЕБАЕВНА [ҚАРАҒАНДЫ, ҚАЗАҚСТАН] СТОМАТОЛОГИЯДАҒЫ ҚАНТ ДИАБЕТІМЕН АУЫРАТЫН ПАЦИЕНТТЕРДІ БАСҚАРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ: ПАРОДОНТИТ ПЕН ПЕРИИМПЛАНТТЫҚ АУРУЛАРДЫҢ АЛДЫН АЛУ.....18

ГАСАНОВ А.М., МАТА О. К., КУТТЫКОЖАЕВА С.А., ДЖАКСЫМБАЕВ Н. Б., АСКЕРОВ Р.А. [КАЗАХСТАН] СТРЕСС ИНДУЦИРОВАННЫЕ ЯЗВЫ ПРИ ТРАВМАХ.....32

КАРИМОВ ИЛЬНУР ФЛАРЕДОВИЧ, ЗАГИДУЛЛИНА ГУЛЬНАЗ ФЛАРЕДОВНА, УБАЙДУЛЛАЕВА ДИНА АЛЕКСАНДРОВНА, ДОСАЛИЕВА ДИЛЬБАРА ЖАКСЫБЕКОВНА, СКАКОВА АЯУЛЫМ СЕРИККЫЗЫ [АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН] ИНГАЛЯЦИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА В РЕСПИРАТОРНОЙ МЕДИЦИНЕ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА, ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ КЛИНИКА И ПОТЕНЦИАЛ СОЧЕТАННОЙ ТЕРАПИИ С ОКСИДОМ АЗОТА.....37

КАРИМОВ ИЛЬНУР ФЛАРЕДОВИЧ, ЗАГИДУЛЛИНА ГУЛЬНАЗ ФЛАРЕДОВНА, УБАЙДУЛЛАЕВА ДИНА АЛЕКСАНДРОВНА, ДОСАЛИЕВА ДИЛЬБАРА ЖАКСЫБЕКОВНА, СКАКОВА АЯУЛЫМ СЕРИККЫЗЫ [АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН] АППАРАТНАЯ ИНГАЛЯЦИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ И САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ ПРАКТИКЕ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР КЛИНИЧЕСКОЙ ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ ПО СИСТЕМАМ ОРГАНОВ И ПРИНЦИПЫ ИНТЕГРАЦИИ В РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ ПРОГРАММЫ.....50

ИСКУСТВОВЕДЕНИЕ
ART HISTORY

BAŞ MÜƏLLIM AYNUR SƏFƏR QIZI MƏMMƏDOVA [AZƏRBAYCAN] FORTEPIANONUN YENI SƏS DÜNYASI: AZƏRBAYCAN BƏSTƏKARLARININ YARADICILIQ AXTARIŞLARI.....62

ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ И АРХЕОЛОГИЯ
HISTORICAL SCIENCES AND ARCHEOLOGY

САНАВБАРБОНУ ВАҲИДОВА [ДУШАНБЕ, ТОҶИКИСТОН] «НЕРУИ НАРМ» ДАР МУНОСИБАТҲОИ БАЙНАЛМИЛАЛИИ ҶУМҲУРИИ ФЕДЕРАТИВИИ ОЛМОН.....67

IBRAHİM ZEYNALOV, İLHAM MƏMMƏDOV [BAKU, AZƏRBAYCAN] TÜRK DÜNYASI: UZAQ ORTAQ TARİXDƏN ORTAQ GƏLƏCƏYƏ.....76

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ
AGRICULTURAL SCIENCES

MAMBETOVA GULZIRA QURIGAN OROL DENGIZI YERLARINING AGROFIZIK XUSUSIYATLARINI O‘RGANISH.....84

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES

ЖУМАБАЕВ ТИМУР КОКЕНОВИЧ, Ж. Д. МАНБЕТОВА [АСТАНА, КАЗАХСТАН] ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО СПОСОБА УЛУЧШЕНИЯ ПОКРЫТИЯ СЕТЕЙ СОТОВОЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ПРИ БОЛЬШИХ РАССТОЯНИЯХ МЕЖДУ БАЗОВЫМИ СТАНЦИЯМИ.....89

HACIYEV YƏHYA ZIYYƏDDINOĞLU, MƏMMƏDOVA AYFƏR VÜQAR QIZI [AZƏRBAYCAN] SOSİAL BİNALARDA GEOTERMAL ENERJİDƏN İSTİFADƏ TEXNOLOGİYALARININ ARAŞDIRILMASI.....92

КУКАНОВА Р. А., ДЮШЕМБИЕВ А. М., ИЛЬЯСОВА Д. А. [БИШКЕК, КЫРГЫЗСТАН] АДАПТАЦИЯ МЯГКИХ ДАТЧИКОВ ПРИ ДОМЕННОМ СДВИГЕ: ВЫБОР ИНТЕНСИВНОСТИ ДООБУЧЕНИЯ ПО ЛАТЕНТНОМУ MMD.....99

ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
PHYLOLOGICAL SCIENCES

ДЖУМАЕВ ТУЙЧИБОЙ БОКИЕВИЧ [ТАДЖИКСКИСТАН] ТАСНИФОТИ КАЛИМОТИ ИЌТИБОСИИ ФАРОНСАВЇ ДАР ЗАБОНИ ФОРСЇ.....108

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ
CHEMICAL SCIENCES

ЕРҒАЛИ АРАЙЛЫМ ҒАНИҚЫЗЫ, БАЛЫҚБАЕВА Г.Т. Х.Ғ.К. [ҚЫЗЫЛОРДА, ҚАЗАҚСТАН] БЕТТІК АКТИВТІ ЗАТТАР ТАРАУЫН ОҚЫТУДА СТУДЕНТТЕРДІҢ ЗЕРТТЕУШІЛІК ДАҒДЫЛАРЫН ДАМЫТУ.....112

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ
ECONOMIC SCIENCES

ДЖАМИЛЬЗАДЕ ШАХЛА ВЕКИЛ [СУМГАИТ, АЗЕРБАЙДЖАН] ПЕРСПЕКТИВЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ.....116

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
PEDAGOGICAL SCIENCES

DANIELA VASILEVA [SOFIA, BULGARIA] AGGRESSION AND CONFLICT BEHAVIOR AMONG FIRST-GRADE STUDENTS.....125

ƏLİYEVA DİLBƏR ZİRƏK QIZI, SƏLİMOVA LALƏ ÖMƏR QIZI [БАКУ, АЗЕРБАЙДЖАН] FİZİKA TƏLİMİNDƏ MÜŞAHİDƏ VƏ EKSPERİMENTİN ŞAGİRDLƏRİN TƏDQİQAT BACARIQLARININ İNKİŞAFINA TƏSİRİ.....131

İSMAYILOV AKİF ÖMƏR OĞLU, İSAYEV QABİL NURƏHMƏD OĞLU [AZƏRBAYCAN] TEXNOLOGİYA DƏRSLƏRİNDƏ "MƏİŞƏT MƏDƏNİYYƏTİ"NƏ AİD MÖVZULARIN TƏDRİSİNDƏ BİLİK VƏ BACARIQLARIN FORMALAŞDIRILMASI YOLLARININ ARAŞDIRILMASI.....137

НАУКА О ЗЕМЛЕ
EARTH SCIENCES

AYGUN AZIZOVA COMPARATIVE ANALYSIS OF LONG-TERM RIVER VALLEY DYNAMICS BASED ON ARCHIVAL AND MODERN SATELLITE IMAGERY: THE CASE OF THE KISHCHAY RIVER (SOUTHERN SLOPE OF THE GREATER CAUCASUS, AZERBAIJAN).....141

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
BIOLOGICAL SCIENCES

TURSUNBOEV KHAMDAM ESHBOEVICH, KERIMBAEVA AZADA ALIMBAEVNA, BAZARBAEV NURSULTAN AZATBAY ULI THE PLANTING OF TREES AND SHRUBS PROCEDURE.....148

MANSIMZADEH SAMA MUGADDAS [BAKU, AZERBAIJAN] GREEN NANOTECHNOLOGY FOR A SUSTAINABLE FUTURE.....152

.

ENDLESS LIGHT IN SCIENCE



Контакт
irc-els@mail.ru

Наш сайт
irc-els.com