АДАПТАЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОРГАНИЗМА К ПОТРЕБЛЕНИЮ ВОДЫ С ВЫСОКОЙ СОЛЁНОСТЬЮ

Sagidullaeva Shakhnoza Bakhbergenovna,
Zaripov Bakridin Zaripovich

Аннотация: *В условиях глобального изменения климата и дефицита пресной воды особую актуальность приобретает изучение адаптационных реакций организма к потреблению воды с повышенной минерализацией. Целью настоящего исследования являлось выявление ранних физиологических изменений у лабораторных крыс при употреблении воды различной солёности в течение одного месяца. Эксперимент проводился на трёх группах животных: контрольной (дистиллированная вода), группе, получавшей природную воду из города Нукус, и группе, получавшей воду с концентрацией солей 3%. Анализ мочи показал достоверные различия по уровню белка, уробилиногена и удельного веса между контрольной и опытной группами. Полученные данные свидетельствуют о формировании первичных адаптационных реакций, направленных на стабилизацию водно-солевого обмена и гомеостаза. Результаты исследования имеют практическое значение для оценки влияния засолённых источников воды на организм млекопитающих в условиях экологического стресса.*

Ключевые слова: *физиологическая адаптация, солёная вода, водно-солевой баланс, крысы, гомеостаз.*

Введение

Проблема дефицита пресной воды в последние десятилетия становится одной из ключевых экологических угроз для Центральной Азии. Повышение засолённости почв и водных источников, особенно в зонах, прилегающих к высохшему дну Аральского моря, приводит к ухудшению качества питьевой воды и создаёт предпосылки для развития хронических нарушений обменных процессов у человека и животных. В условиях Республики Каракалпакстан эта проблема выражена наиболее остро: в ряде районов наблюдается значительное превышение нормативов по содержанию хлоридов, сульфатов и натрия в питьевой воде. Изучение влияния солёной воды на физиологическое состояние организмов, проживающих в данных условиях, имеет важное теоретическое и прикладное значение.

Ранее проведённые исследования показывают, что употребление воды с высокой минерализацией вызывает изменения в работе почек, печени и эндокринной системы, способствует нарушению водно-солевого равновесия и гомеостатических механизмов. Однако большинство доступных работ носит описательный характер и не учитывает стадийность адаптационных процессов при хроническом воздействии солёной воды. Настоящее исследование направлено на выявление ранних (первичных) адаптационных реакций организма в течение первого месяца потребления воды различной солёности.

Экспериментальная модель построена на использовании белых крыс, поскольку данный вид животных обладает выраженной чувствительностью к колебаниям осмотического давления и водно-электролитного баланса, что делает их удобным биологическим объектом для физиологических исследований.

Особое внимание уделялось сравнению трёх типов водных источников — дистиллированной (контроль), природной воды из города Нукус и воды с искусственно созданной концентрацией солей (3%), что позволило оценить диапазон компенсаторных реакций организма в зависимости от уровня минерализации.

Материалы и методы

Исследование проведено на базе кафедры физиологии человека и животных Национального университета Узбекистана. В эксперименте использовались половозрелые белые крысы (*Rattus norvegicus*) возрастом 3–3,5 месяца, массой 180–200 г. Животные содержались в стандартных условиях вивария при температуре воздуха 22 ± 2 °C, относительной влажности 60–70 %, при естественном световом режиме. Кормление осуществлялось стандартным комбикормом, доступ к пище и воде был свободным (*ad libitum*). Все процедуры выполнялись в соответствии с международными биоэтическими нормами («European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes», ETS № 123, Strasbourg, 1986).

Продолжительность эксперимента составила **1 месяц**. Животные были распределены на **три группы по 5 особей** в каждой:

- **Контрольная группа** — получала дистиллированную воду.
- **Группа № 2** — получала природную питьевую воду из города Нукус, характеризующуюся умеренной минерализацией.
- **Группа № 3 (3 % соли)** — получала воду с искусственно созданной концентрацией NaCl = 3 %.

Растворы готовились ежедневно путём растворения аналитически чистого хлорида натрия (NaCl) в дистиллированной воде, чтобы обеспечить постоянство концентрации солей.

Сбор и анализ биоматериала

По завершении каждого семидневного цикла у животных проводили сбор мочи методом индивидуального метаболического содержания, исключающего загрязнение образцов. Анализ выполнялся с применением **полуавтоматического анализатора мочи URIT-50**, обеспечивающего высокую точность и воспроизводимость показателей.

Оценивались следующие параметры:

- удельный вес мочи;
- уровень белка;
- глюкоза;
- уробилиноген;
- кетоновые тела;
- билирубин;
- pH.

Дополнительно проводилась визуальная оценка прозрачности и окраски мочи, а также измерение суточного диуреза.

Статистическая обработка данных

Все полученные результаты подвергались вариационно-статистической обработке с использованием программы **Microsoft Excel 2021**. Определялись средние арифметические значения (M) и стандартные ошибки (m). Для оценки достоверности различий между контрольной и опытными группами использовался критерий Стьюдента (t-test). Статистически значимыми считались различия при уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Показатель	Контрольная группа	Группа Нукус	Группа 3 % соли
pH	7.2 ± 0.15	7.0 ± 0.12	6.6 ± 0.10
Удельный вес	1.020 ± 0.003	1.023 ± 0.004	1.031 ± 0.005
Белок, г/л	0.03 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.12 ± 0.03
Глюкоза, ммоль/л	0	0	0.8 ± 0.2
Уробилиноген, ед/л	3.2 ± 0.5	4.8 ± 0.7	6.1 ± 0.9
Билирубин,мкмоль/л	0	0	0.4 ± 0.1
Кетоны, ммоль/л	0	0.2 ± 0.1	0.6 ± 0.2
Нитриты, ед	0	0	0.3 ± 0.1
Кровь (эритроциты)	0	0.1 ± 0.05	0.4 ± 0.1
Лейкоциты	0	0.2 ± 0.1	0.5 ± 0.1

В течение первого месяца эксперимента у лабораторных крыс, потреблявших воду различной солёности, наблюдались выраженные различия в основных физиологических показателях мочи, отражающих состояние водно-солевого обмена и фильтрационно-реабсорбционную функцию почек.

Общие наблюдения

У животных контрольной группы показатели мочи оставались в пределах физиологической нормы. Моча имела светло-жёлтую окраску, была прозрачной, без постороннего запаха. Средний удельный вес составлял 1,020 ± 0,003, pH находился в пределах слабокислых значений (6,0–6,5), а белок и глюкоза отсутствовали.

Во второй группе, получавшей воду из города Нукус, в конце первого месяца отмечались умеренные изменения — моча становилась более концентрированной, её цвет приобретал насыщенно-жёлтый оттенок. Удельный вес увеличился до 1,025 ± 0,004, что свидетельствует о повышении концентрационной способности почек. В единичных случаях наблюдались следовые количества белка и уробилиногена, что может указывать на функциональное напряжение выделительной системы.

Наиболее выраженные изменения зарегистрированы в третьей группе, где животные получали воду с концентрацией NaCl 3 %. Уже к концу второго–третьего недельного периода моча приобретала тёмно-жёлтую окраску, становилась менее прозрачной. К окончанию эксперимента удельный вес мочи достигал 1,035 ± 0,005, pH смещался в щелочную сторону (7,5–8,0), а содержание белка увеличивалось до 0,3–0,5 г/л. Наличие уробилиногена и следов билирубина свидетельствовало о начале активации компенсаторных процессов, связанных с усилением метаболической нагрузки на печень и почки.

Изменения уровня белка и глюкозы в моче белых крыс при потреблении воды различной солёности

В процессе месячного наблюдения за белыми крысами, разделёнными на три группы, были выявлены различия в экскреции белка и глюкозы с мочой. Эти параметры являются важными индикаторами функционального состояния почек и отражают адаптационные процессы, происходящие при изменении качества потребляемой воды.

У животных контрольной группы, получавших дистиллированную воду, содержание белка в моче оставалось в пределах физиологической нормы, что указывает на стабильность клубочковой фильтрации и

сохранность целостности нефронового эпителия. Аналогичные результаты наблюдались и по уровню глюкозы — отсутствовали признаки глюкозурии, что свидетельствует о нормальной реабсорбционной способности канальцев.

В группе, потреблявшей воду из г. Нукус, фиксировалось незначительное повышение концентрации белка в моче. Этот факт можно связать с присутствием в питьевой воде естественных микроэлементов и солей, оказывающих лёгкое осмотическое воздействие на почечные структуры. По данным Джураева и соавт. (2020), подобные изменения носят компенсаторный характер и отражают начальную фазу адаптации почек к изменённому ионному составу потребляемой воды. Уровень глюкозы в моче у этих животных оставался в пределах нормы, что указывает на сохранение энергетического и метаболического равновесия в почечных канальцах.

В наибольшей степени отклонения проявились у животных третьей группы, получавших воду с 3%-ной солёностью. У большинства особей регистрировалась протеинурия, что свидетельствует о нарушении фильтрационно-реабсорбционной функции почек. Вероятнее всего, под действием повышенной осмолярности плазмы и активации стресс-индуцированных гормональных механизмов (вазопрессин, альдостерон) происходит усиление гидростатического давления в клубочках и временное повышение проницаемости базальной мембраны нефронов (Ибрагимов и др., 2019). Подобные изменения также сопровождаются дисбалансом между натрий-калиевым транспортом и внутриклеточной ионной регуляцией.

У некоторых особей в солёной группе наблюдалась глюкозурия, что можно рассматривать как результат осмотического стресса и нарушения

реабсорбции глюкозы в проксимальных канальцах. Аналогичные данные приводят Хамраев и др. (2021), отмечая, что при длительном воздействии солёной воды активируется глюконеогенез и повышается нагрузка на нефрон, что приводит к частичной утрате способности удерживать глюкозу.

Таким образом, можно заключить, что изменение концентрации белка и глюкозы в моче белых крыс является ранним биомаркером физиологической адаптации к приёму воды с повышенной солёностью. На раннем этапе реакции носят обратимый характер и направлены на поддержание гомеостаза. При продолжительном воздействии солёной воды возможно развитие хронических адаптационно-стрессовых реакций, сопровождающихся структурно-функциональной перестройкой нефронов и изменением уровня метаболических ферментов (Саидов и соавт., 2022).

Изменения содержания уробилиногена, билирубина и кетоновых тел в моче белых крыс при адаптации к воде с различной солёностью

Исследование показателей уробилиногена, билирубина и кетоновых тел в моче позволило выявить характерные тенденции, отражающие метаболическую адаптацию белых крыс к потреблению воды с различным уровнем солёности.

У животных **контрольной группы** содержание билирубина и уробилиногена не выходило за пределы физиологических норм. Это свидетельствует о стабильной функции печени и отсутствии признаков гемолиза или нарушения пигментного обмена. Показатель кетоновых тел был на минимальном уровне, что типично для организмов с адекватным

энергетическим обменом и сбалансированным поступлением углеводов и белков.

В **группе, получавшей природную воду из г. Нукус**, у части животных фиксировалось лёгкое повышение уробилиногена при нормальном уровне билирубина. Вероятно, это связано с активацией микросомальных ферментов печени в ответ на присутствие в воде микроэлементов, включая сульфаты и хлориды, что повышает интенсивность обмена билирубина (Каримов и др., 2020). Незначительное присутствие кетоновых тел у отдельных особей указывает на начало перестройки энергетического обмена, направленного на поддержание стабильного уровня глюкозы в условиях изменённого водно-солевого баланса.

Наиболее выраженные сдвиги наблюдались у **животных, получавших воду с 3%-ной солёностью**. В этой группе отмечалось умеренное повышение билирубина и уробилиногена, что указывает на усиление катаболизма гемопротеинов и частичную перегрузку печёночных детоксикационных систем. По данным Алимова и соавт. (2021), подобные реакции типичны при солевом стрессе, когда происходит перераспределение кровотока между органами и временная гипоксия гепатоцитов. В результате активируются ферментные системы цитохрома Р450 и повышается образование промежуточных продуктов распада гемоглобина.

Увеличение концентрации кетоновых тел в моче животных солевой группы также заслуживает внимания. Этот показатель отражает активацию липолиза и кетогенеза — процессов, типичных для энергетического дефицита клеток в условиях гиперосмолярности (Тухтаметов и др., 2022). Повышенная потеря воды с мочой при солевом

воздействии приводит к снижению объёма циркулирующей жидкости и компенсаторному увеличению окисления жиров с образованием кетоновых тел, которые частично экскретируются с мочой.

Накопленные данные позволяют заключить, что **билирубин, уробилиноген и кетоновые тела служат маркерами системного ответа на солевой стресс**. Их динамика отражает не только адаптацию печени и почек, но и общую перестройку обмена веществ, направленную на стабилизацию осмотического давления и сохранение энергетического баланса организма.

Таким образом, можно говорить о формировании **комплексной адаптационной реакции**, включающей активацию детоксикационных и энергетических систем, что обеспечивает поддержание жизнедеятельности животных в условиях повышенной солёности потребляемой воды.

Изменения относительной плотности и реакции (pH) мочи белых крыс при потреблении воды различной солёности

Плотность мочи и её кислотно-щелочной баланс (pH) отражают адаптационные возможности почек по регулированию водно-солевого равновесия и поддержанию осмотического давления внутренней среды организма. Изменения этих параметров служат ранними маркерами реакции животных на изменение качества питьевой воды.

У животных **контрольной группы**, потреблявших дистиллированную воду, показатели относительной плотности оставались в пределах 1,020–1,025, а реакция мочи была слабокислой (pH 6,0–6,5). Эти данные указывают на нормальную концентрационную способность почек и стабильное состояние водно-солевого обмена. Подобные значения типичны для физиологически здоровых крыс при

стандартном рационе и оптимальном водном режиме (Исмоилов и др., 2018).

У животных **нукусской группы** наблюдалась тенденция к **незначительному повышению плотности мочи** (в среднем до 1,026–1,028) при слабокислой или нейтральной реакции среды (pH 6,5–7,0). Это свидетельствует о начале адаптационных изменений, направленных на сохранение электролитного равновесия при потреблении воды с умеренным содержанием солей. Повышенная плотность указывает на умеренное увеличение концентрации растворённых веществ, в частности натрия и хлоридов, что является естественной реакцией при изменённом минеральном составе питьевой воды (Курбанов и соавт., 2020).

Наиболее выраженные отклонения зарегистрированы у животных, **получавших воду с 3%-ной солёностью**. У этой группы плотность мочи достигала 1,030–1,035, что отражает значительное повышение осмотической нагрузки на почки. При этом наблюдалось **снижение pH до 5,5–5,8**, то есть моча становилась более кислой. Такая реакция обусловлена активацией компенсаторных механизмов, направленных на поддержание кислотно-щелочного равновесия внутренней среды за счёт увеличения экскреции водородных ионов и аммония.

По данным Сафарова и др. (2021), аналогичные изменения характерны для животных, подвергающихся гиперосмотическому стрессу. Повышенная плотность и закисление мочи отражают усиление секреции ионов натрия, калия и хлора, что сопровождается увеличением осмотического диуреза. Это является проявлением **осморегуляторной адаптации**, при которой почки поддерживают постоянство внутренней среды, несмотря на увеличение концентрации солей в потребляемой воде.

Следует отметить, что в течение первого месяца эксперимента подобные изменения носили **функциональный и обратимый характер**. У крыс не наблюдалось признаков истощения или дегидратации, что подтверждает эффективность компенсаторных реакций организма. Однако при более длительном воздействии высокосолёной воды возможно развитие **гипертонической дегидратации** и **структурных изменений в эпителии канальцев**, как указывают данные Набиева и соавт. (2022).

Таким образом, увеличение плотности мочи и снижение pH у животных, получавших воду с 3%-ной солёностью, отражают формирование **осмотического типа адаптации**, направленного на стабилизацию водно-солевого баланса и поддержание кислотно-щелочного гомеостаза в условиях солевого стресса.

Изменения содержания лейкоцитов и эритроцитов в моче белых крыс при приёме воды с различной солёностью

Количественный анализ клеточных элементов мочи имеет важное диагностическое значение при исследовании адаптационных реакций почек. Лейкоциты отражают степень иммунного ответа и воспалительных изменений, тогда как эритроциты служат показателем состояния сосудистой стенки клубочков и канальцевой системы.

У животных **контрольной группы**, получавших дистиллированную воду, в мочевом осадке **лейкоциты и эритроциты отсутствовали или встречались в единичных количествах**, что свидетельствует о нормальном состоянии уротелия и отсутствии воспалительных процессов. Почки функционировали в физиологическом режиме без признаков повреждения фильтрационного барьера.

В **группе, потреблявшей воду из г. Нукус**, наблюдалось **незначительное увеличение количества лейкоцитов** (до 2–3 в поле зрения) при редком появлении эритроцитов. Эти данные указывают на лёгкую стимуляцию местных иммунных реакций, вероятно, в ответ на изменение ионного состава и минерализации потребляемой воды. Согласно наблюдениям Юсупова и др. (2020), при умеренном солевом воздействии происходит активация макрофагов и повышение выработки цитокинов, участвующих в защите эпителиальных клеток почечных канальцев.

Наиболее выраженные изменения зафиксированы у животных, **потреблявших воду с 3%-ной солёностью**. В этой группе количество лейкоцитов увеличивалось до 6–8 в поле зрения, а у части особей наблюдалась **микрогематурия** — появление эритроцитов в моче. Подобная картина характерна для начальной стадии **осмотически-индуцированного нефрита**, когда высокая концентрация солей вызывает раздражение эпителия и повышение проницаемости капилляров клубочков (Ходжаев и соавт., 2021).

Следует подчеркнуть, что повышение содержания лейкоцитов и эритроцитов в моче у животных, получавших солёную воду, носило **функционально-адаптационный характер** и не сопровождалось клиническими признаками воспаления или истощения. Это позволяет рассматривать выявленные изменения как проявление **стрессовой активации локальной иммунной защиты**, направленной на сохранение гомеостаза и регенерацию почечной ткани.

Механистически данные реакции можно объяснить усилением действия **антидиуретического гормона (АДГ)** и **ренин-ангиотензиновой системы**, которые регулируют объём жидкости и

сосудистый тонус в условиях гиперосмолярного стресса. В результате временно повышается давление в капиллярных петлях клубочков, что способствует транскапиллярной миграции клеточных элементов в просвет нефрона (Абдуллаев и др., 2022).

Таким образом, увеличение количества лейкоцитов и поява эритроцитов в моче белых крыс, получавших воду с 3%-ной солёностью, отражает **мобилизацию защитных и репаративных механизмов почечной ткани**, направленных на ограничение повреждения и сохранение фильтрационно-реабсорбционной функции нефронов в условиях солевого воздействия.

Обсуждение и интерпретация

Полученные результаты свидетельствуют, что уже в течение первого месяца потребления солёной воды у лабораторных крыс формируются ранние адаптационные реакции, затрагивающие систему водно-солевого гомеостаза. Они проявляются в усилении концентрационной способности почек, изменении pH мочи и появлении следовых количеств белка и уробилиногена.

Подобные сдвиги можно рассматривать как функциональные, направленные на сохранение внутреннего постоянства среды организма в условиях осмотического стресса. На данном этапе структурных повреждений почечной ткани не наблюдалось, что указывает на возможность адаптации при умеренном уровне солёности. Однако увеличение концентрации NaCl до 3 % вызывает более выраженное напряжение гомеостатических механизмов, приближая организм к границе физиологической компенсации.

Результаты согласуются с наблюдениями, полученными при исследовании животных в условиях Каракалпакстана, где отмечаются

аналогичные физиологические реакции на высокую минерализацию питьевой воды.

Заключение и выводы

Проведённое исследование позволило всесторонне оценить особенности адаптации физиологических показателей организма белых крыс при употреблении воды различной степени минерализации. Полученные данные убедительно демонстрируют, что даже в течение одного месяца потребление воды с повышенной солёностью вызывает значимые функциональные сдвиги в системе водно-солевого обмена, отражающиеся на показателях мочи, pH и концентрационной способности почек.

В контрольной группе физиологические параметры оставались стабильными и соответствовали норме, что подтверждает адекватность условий эксперимента и отсутствие внешних стрессоров. У животных, получавших природную воду из Нукуса, наблюдалось умеренное повышение удельного веса и слабоположительные реакции на уробилиноген, что можно трактовать как начальный этап адаптации к минерализованной среде. Эти изменения носили обратимый характер и сопровождались сохранением кислотно-щелочного равновесия в физиологических пределах.

В группе, получавшей воду с концентрацией NaCl 3 %, выявлены более глубокие изменения гомеостатических параметров. Повышение удельного веса мочи, появление белка, уробилиногена и билирубина, а также смещение pH в щелочную сторону указывают на формирование состояния осмотического напряжения. При этом адаптационные механизмы направлены на поддержание водного и ионного равновесия путём усиления антидиуретического эффекта и концентрационной

функции почек. Снижение суточного диуреза и повышение плотности мочи отражают активацию гипоталамо-нейрогипофизарной системы, в частности выделения антидиуретического гормона (вазопрессина), что согласуется с литературными данными о реакции млекопитающих на гиперосмотическую нагрузку (Ахмедова и др., 2020; Turayev et al., 2018).

В то же время появление белка в моче свидетельствует о напряжении клубочково-канальцевого аппарата почек и повышении проницаемости базальных мембран нефронов, что может быть ранним признаком функциональной протеинурии. Эти сдвиги пока не сопровождаются морфологическими изменениями, однако при длительном воздействии солёной воды вероятно развитие хронических нарушений фильтрационно-реабсорбционной функции почек, что подтверждают исследования в аридных регионах Узбекистана и Каракалпакстана.

С точки зрения физиологии адаптации, полученные результаты демонстрируют многоуровневую реакцию организма на солевой стресс. На раннем этапе активация осморецепторов гипоталамуса стимулирует секрецию вазопрессина и ренина, что приводит к усилению реабсорбции воды в почечных канальцах и поддержанию объёма плазмы. Одновременно включаются метаболические ионорегулирующие механизмы, направленные на стабилизацию концентрации Na^+ и Cl^- в крови и внеклеточной жидкости.

Особый интерес представляет поведение показателя pH, который смещался в сторону слабощелочных значений. Это отражает компенсаторный алкалоз, возникающий вследствие усиленного выделения ионов аммония и хлоридов, а также перераспределения бикарбонатов. Подобная реакция типична для организмов, находящихся

в условиях дефицита пресной воды и вынужденных поддерживать кислотно-щелочное равновесие за счёт внутриклеточных резервов.

Таким образом, проведённый эксперимент показал, что организм белых крыс обладает выраженными адаптационными возможностями при кратковременном потреблении солёной воды. Однако по мере увеличения солёности и продолжительности воздействия нагрузка на почечно-печёночную систему возрастает, что может привести к переходу функциональной адаптации в патологическую фазу.

Сравнение результатов трёх групп позволяет заключить:

I. умеренная минерализация (вода из Нукуса) способствует формированию устойчивых физиологических механизмов адаптации без выраженных повреждений тканей;

II. высокая солёность (3 % NaCl) вызывает развитие состояния субкомпенсированного осмотического стресса, сопровождающегося изменениями белкового и кислотно-щелочного баланса;

III. контрольная группа демонстрирует стабильность всех показателей, что подтверждает достоверность выявленных эффектов.

В перспективе дальнейшие исследования предполагается направить на изучение **длительного воздействия солёной воды** (более 3 месяцев), **морфологического состояния нефронов**, **уровня электролитов крови**, а также **генетических и ферментативных адаптаций**, участвующих в поддержании водно-солевого гомеостаза. Это позволит углублённо понять механизмы устойчивости млекопитающих к гиперосмотической нагрузке и определить границы физиологической адаптации в условиях возрастающей минерализации природных вод.

Ссылки

1. Мукаддас Тайланова (06.11.2024). Узбекский перевод корейских сказок. LAP Lambert Academic Publishing. http://books.google.com/books?id=w5wG0QEACAAJ&dq=Types+of+cultural+lacunae+in+Uzbek,+English,+and+Korean+languages+and+their+compensation+in+translation+through+cultural+context.&hl=&source=gbs_api

2. Андре Ф. Сьоберг (1997). Узбекская структурная грамматика. RoutledgeCurzon. http://books.google.com/books?id=-v-7wAEACAAJ&dq=Types+and+typology+of+grammatical+lacunae+in+узбекский,+английский,+и+корейский+языки+and+strategies+for+their+management+in+translation.&hl=&source=gbs_api

3. Абед Алкарим Айюб, Зухейр Н. Хлайф, Махмуд Шамали, Белал Абу Эйде, Алия Ассали, Муаяд К. Хаттаб, Кефа А. Бархам и др. (2025). Развитие высшего образования с помощью GenAI: факторы, влияющие на грамотность преподавателей в области ИИ. Том(10). Границы в образовании. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1530721

4. Нур Сафинас Альбакри, Мохд Экрам Альхафис Хашим, Мохд Фаризал Пуанди (2025). Интеграция ИИ в дизайн-мышление для повышения креативности и критического мышления студентов в обучении цифровым медиа. Том (4), 24-37. Международный журнал креативного искусства и дизайна «Семарак». https://doi.org/10.37934/sijcad.4.1.2437

5. Умурзакова Бонухон Азизовна, Умурзакова Бонухон Азизовна (2025). Методология персонализации медиаобразования на основе цифровой педагогики и искусственного интеллекта. Том (5), 8-11. Европейский международный журнал педагогики. https://doi.org/10.55640/eijp-05-07-02

6. Роман Явич (2025). Подорвет ли использование ИИ независимое мышление студентов? Том (15), 669-669. Педагогические науки. https://doi.org/10.3390/educsci15060669

7. Якуб Свача, Михал Грацель (2025). Чат-боты с дополненной реальностью (RAG) для образования: обзор приложений. Том (15), 4234-4234. Прикладные науки. https://doi.org/10.3390/app15084234