

ИНТЕГРАЦИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРЕПОДАВАНИИ ХИМИИ В СИСТЕМЕ СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Қабылқанова Ақжан Ерланқызы¹, Нурғалиева Дамен Аукиловна²

¹студентка 3-го курса, ²к.п.н. доцент,

^{1,2}Международный университет Астана, Астана, Казахстан

¹ORCID: 0009-0007-0669-1526, e-mail: akzhankabylkanova@gmail.com

²ORCID: 0000-0002-5756-1795, e-mail: nurgalieva0109@bk.ru

Аннотация. В статье рассматриваются возможности интеграции нанотехнологий и инструментов искусственного интеллекта. Актуальность работы обусловлена активным развитием нанонауки и цифровых технологий и свое внимание уделяется современным цифровым достижениям в нашем мире. Цель исследования заключается в анализе педагогических подходов использования искусственного интеллекта при изучении основ школьного курса химии. Методологическую основу работы составили методы теоретического анализа научной литературы, сравнительного анализа образовательных практик, а также обобщения педагогического опыта применения цифровых технологий в обучении. В результате исследований выявлены ключевые направления использования искусственного интеллекта в преподавании, туда можно так же включить применение виртуальных лабораторий, цифрового моделирования наноматериалов, STEM-образования и аналитических систем оценки результатов. Использование подобных инструментов позволяет учащимся глубже ознакомиться и понять все достижения человечества в области нанотехнологий. В условиях трансформации современной системы образования в нашей стране и с высоким становлением новых педагогических парадигм считается, что синтез двух тем, как искусственный интеллект и нанотехнологии взаимодополняющих друг-друга очень актуальным. Практическая значимость исследования заключается в развитии данного направления и в разработке педагогических рекомендаций по интеграции элементов нанотехнологий химии в сферу среднего образования что открывает перед нами заманчивые перспективы для модернизации образовательного процесса.

Ключевые слова: нанотехнология, искусственный интеллект, индивидуализация обучения, преподавание химии, персонализация, цифровые технологии, STEM-образование.

	Received 28 January 2026. Accepted 31 March 2026.
<i>Corr. Author</i>	Қабылқанова А.Е., e-mail: akzhankabylkanova@gmail.com
<i>For citation:</i>	Kabylkanova A.E., Nurgalieva D.A. (2026). Integration of nanotechnology and artificial intelligence into chemistry teaching in the secondary education system of the Republic of Kazakhstan <i>Ilim</i> 47(1). 48-67.

Введение

Актуальность темы выражена в мировой науке, доказывая, как современный этап развития науки характеризуется интенсивным развитием нанотехнологий и систем искусственного интеллекта. Новые достижения позволяют широко использовать искусственный интеллект в сфере образования, что в совокупности открывает нам возможность под разными углами взглянуть на некоторые весьма актуальные и неотложные проблемы. Нанотехнологии позволяют исследовать свойства материалов на атомно-молекулярном уровне и создавать вещества с уникальными физико-химическими характеристиками. В международной образовательной практике наблюдается высокий интерес к интеграции цифровых технологий и научных достижений в учебный процесс. Особенно активно развиваются направления STEM-образования, предполагающие междисциплинарное объединение знаний в области науки, технологий, химии и математики. В этом контексте преподавание химии может стать эффективной платформой для формирования научного мировоззрения и исследовательских навыков учащихся. Эти знания могут стать ключом в производстве высокотехнологичной продукции с использованием нанотехнологий. Что в свою очередь коренным образом меняет всю экономическую и образовательную парадигму мира. Такие страны как США и Китай интегрировали достижения в свою экономику, что позволило им значительно повысить свой экспортный потенциал за счет конкурентоспособной продукции, востребованной во всех сферах современной реалии. С помощью нанотехнологических достижений они могут производить продукцию с особыми свойствами. Нанотехнологии открывают новые горизонты в медицине, электронике и другие широкие перспективы в разных областях, данные исследования статьи доказывают, как наука стремительно развивается в этих странах. Видя такие успешные шаги развития других стран, для нас появляется уникальная возможность использовать искусственный интеллект и через неё уже со школьной

скамьи постепенно преподносить информацию учащимся. Реализация проекта позволит обеспечить качественное понимание сущности и перспектив нанотехнологического сектора, а также продемонстрировать текущий уровень развития химической науки.

Химия как отрасль и как учебная дисциплина занимает особое место в системе образования, являясь связующим звеном между естественными науками и инновационными технологиями. Преподавание в области нанохимии в свою очередь делает уклон на подготовку специалистов, способных проводить самостоятельные исследования, придумывать инновационные наноматериалы, а также связывать их продукцию с другими точными науками. Современное образование находится в состоянии глубоких изменений, обусловленных социально-экономическими, технологическими и культурными трансформациями. Традиционная модель обучения, ориентированная преимущественно на передачу систематизированных знаний, постепенно уступает место новым образовательным парадигмам, в центре которых находится личность обучающегося.

В таком случае, важно отметить главные задачи исследования:

- проанализировать современные научные публикации по проблеме применения искусственного интеллекта;
- рассмотреть роль нанотехнологий в формировании содержания современного химического образования;
- исследовать существующие цифровые образовательные практики и STEM-модели обучения; и самое главное;
- разработать педагогические рекомендации по интеграции данных технологий в образовательный процесс учеников.

Обзор литературы

Исследования последних лет свидетельствуют о значительном росте интереса людей к применению искусственного интеллекта в образовательной деятельности. По мнению ряда проведенных исследований, цифровые аналитические системы способны существенно повысить эффективность обучения. Такие возможности идут за счёт подбора образовательных траекторий и адаптации образования к индивидуальным особенностям обучающихся. В связи с этим 18 сентября 2025 года в Республике Казахстан был подписан совместный приказ Министром просвещения Гани Бейсембаев и Министром цифрового

развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Жаслан Мадиев Совместный приказ об утверждении «Концептуальных основ внедрения искусственного интеллекта в систему среднего, технического и профессионального, после среднего образования на 2025–2029 годы». Документ, разработанный по поручению Главы государства, озвученного в послании народу Казахстана, и стал важным этапом модернизации образования. Она предусматривает интеграцию ИИ-тем, создание цифровых учебников, формирование у обучающихся ИИ-грамотности, развитие проектной деятельности, повышение квалификации педагогов по трехуровневой модели Acquire → Deepen → Create (Приобретать → Углубляться → Создавать).

Казахстан вошел в число первых стран, утвердивших собственный национальный подход в этой сфере, опираясь на рекомендации ЮНЕСКО, ОЭСР и ЕС. «Внедрение искусственного интеллекта в образование – это, часть широкой стратегии цифровой трансформации Казахстана. Мы создаём все условия, чтобы школьники и студенты не просто пользовались цифровыми инструментами, а становились их создателями. Концепция позволит вырастить поколение специалистов, которые уверенно работают с технологиями будущего, сохраняя при этом национальные ценности и академическую честность», - отметил Жаслан Мадиев. С 2025-2026 учебного года в предметы «Цифровая грамотность» и «Информатика» были внедрены элементы искусственного интеллекта. Для школьников разработаны онлайн-курсы Day of AI, а для педагогов - специальные курсы повышения квалификации по искусственному интеллекту.

Данный подход помогает учителям учитывать индивидуальные возможности и особенности каждого учащегося. С помощью специальных программ мы способны улучшить качество получения образования, тем самым делая большой шаг в развитии науки в Казахстане. Для развития науки, стране нужен «новый Менделеев», тот кто способен направить науку в лучшую сторону и верно использовать полезные ископаемые, которые находятся на территории Казахстана. Формирование эффективной образовательной программы требует особое внимание на фундаментальные основы химии, это и является важной частью для дальнейшего понимания системы изучения наноматериалов, синтеза наночастиц и их основную функцию. С такой целью многие университеты, такие как, Nazarbayev University, Институт ядерной физики Республики Казахстан, Satbayev University и даже школы Nazarbayev Intellectual Schools

(NIS) особо заинтересованы и уже начинают активно поднимать тему развития наноиндустрии и искусственного интеллекта демонстрируя внутренние проекты. По сравнительному анализу источников было выявлено, что научные подходы развиваются преимущественно в рамках отдельных направлений: либо технологического (нанотехнологии), либо цифрового (искусственный интеллект), либо организационного (государственная политика).

Таким образом, отличие настоящего исследования заключается в разработке интегративного подхода, который сочетает в себе достижения нанонауки, возможности искусственного интеллекта и современные педагогические технологии, что позволяет обеспечить более высокий уровень эффективности обучения химии. По мнению автора Полат. Е. С., цифровые образовательные технологии обеспечивают переход к индивидуализированному обучению, ориентированному на личностные особенности учащихся. В своих исследованиях 2021 году схожую теорию выразил Кузнецов А. А., по его мнению, считалось, что междисциплинарный подход способствует формированию у учащихся исследовательских навыков, критического мышления и способности применять знания на практике.

Материалы и методы исследования




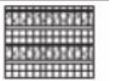



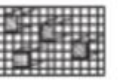




Методологическую основу исследования составили теоретические и эмпирические методы научного анализа. В работе использованы методы системного анализа научной литературы, сравнительного анализа образовательных моделей. И для того, чтобы точно понять значение слово «нано» - «нанотехнологии», можно задаться вопросом, что же это такое? Откуда и зачем он взялся и для чего нужен? Нано (с греч. *nanos* – «гном», «карлик», «маленький») – одна из приставок СИ (10^{-9} – одна миллиардная часть объекта). Чтобы наглядно это себе представить мы знаем, что метр – это измерение длины. В среднем если представить среднестатистический рост человека – это, где-то меньше двух метров, если уменьшить это всё в 100 раз это будет диаметр радужной оболочки глаза, уменьшим это ещё в 10 раз получим диаметр зрачка, а если это дело уменьшить ещё в 1000 раз получается – микрон. Это очень маленькая единица, но это ещё не предел. Если микрон уменьшить ещё в 1000 раз, тогда и получаем наночастицу - это размер молекулы сахара. Многие учёные полагали что на нано уровнях свойства вещества будут такими же, как и на микроуровнях и бросились

изучать мир через атомы, электроны, ядро и только потом вернуться к наночастицам. Тут их и поджидал сюрприз. На объектах размером от 1 до 100 нанометров в равной степени действуют законы и микро и макромира.

Очевидно, что нано которая содержит в себе 1000 атомов ведет себя необычно квантово-механически сильными волнами, ведь ключевым было то, что эти свойства можно использовать. Частица может исчезнуть в одном месте и появиться в другом туннеле. Рассмотрим следующее сравнение, допустим мы тренируемся в игре в теннис, ударив ракеткой по мячу, мяч отскакивает от стенки и вдруг в один прекрасный момент мяч пролетает сквозь стенку, а стенка остаётся как бы целой, никакой дырки в нём нет. Может ли это быть в обычной механике? Нет, конечно не может. А в квантовой механике где микрочастица не только обладают корпускулярными свойствами, но и волновыми. Вот и размазня в пространстве подобно волне, таким образом подобная ситуация вполне возможна. Там есть так называемый туннельный эффект, при котором электрон может пройти сквозь стену, а стенка останется не нарушенной. Важной частью этого направления является создание наноструктурных материалов, то есть разработка: нанокристаллических, нанофазных, нанокompозитных, нановолокнистых материалов.

Основным структурным элементом наноматериалов считается: кристаллиты, волокна, поры и слой, которые не превышают 100 нм. Задачей этих исследований принято считать выявление оптимальных наноструктур, что осуществляется в тесной связи с технологией изготовления и последующей эксплуатацией наноструктурных материалов. За последние столетия они набрали большую популярность, за счет того, что они помогают получить новые технологии, значительно превосходящие их современный уровень что играют ключевую роль для областей техники, научной химии, биотехнологии, охраны окружающей среды. Именно нанотехнология даёт возможность объединить в себе несколько направлений, он объединяет специалистов в области физики, химии, биологии, медицины, экономики, компьютерной техники со всего мира. Информационной базой исследования послужили научные публикации в области нанохимии, цифрового образования и применения искусственного интеллекта в образовательной деятельности.

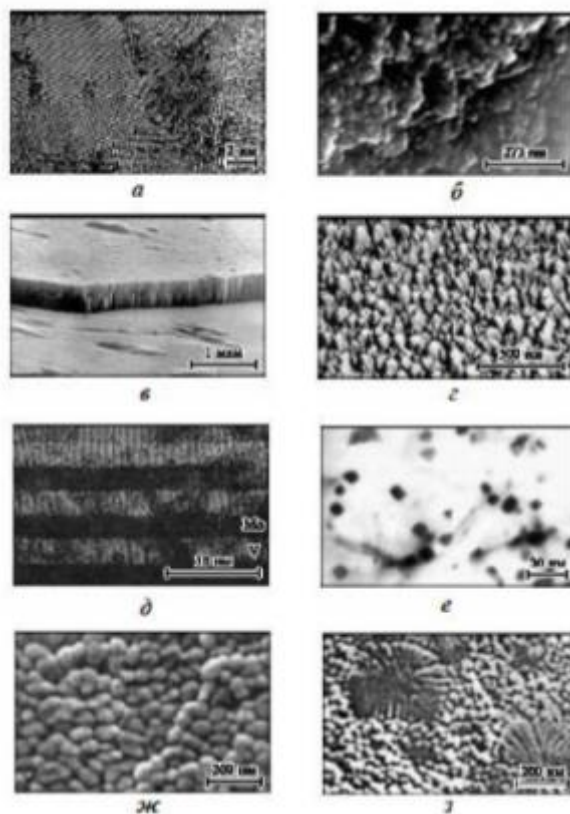
Таблица 1. Классификация консолидированных наноматериалов по составу фаз, распределению и форме структурных составляющих

Форма структуры	Однофазный состав	Многофазный состав структуры		
		Статическое распределение		Матричное распределение
		Идентичные границы	Неидентичные границы	
Пластинчатая				
Столбчатая				
Равноосная				

По химическому составу и распределению фаз можно выделить три типа структур: однофазные, статистические многофазные с идентичными и неидентичными поверхностями раздела и матричные многофазные. Также выделяют три типа структуры по форме: пластинчатая, столбчатая и содержащая разносные включения. Эта классификация учитывает возможность сегрегаций на межкристаллитных границах (идентичные и неидентичные поверхности раздела). Однако реальное разнообразие структурных типов может быть и более широким за счет смешанных вариантов, наличия пористости, трубчатых и луковичных структур, полимерных составляющих и т. д. Наиболее распространенными являются одно- и многофазные матричные и статистические объекты, столбчатые и многослойные структуры; последние характерны в большинстве случаев для пленок.

На рис.1 показаны типичные структуры консолидированных наноматериалов. Эти снимки получены с помощью высокоразрешающих и обычных просвечивающих электронных микроскопов (ПЭМ) (рис.1, а, д–з), высоко разрешающего сканирующего электронного микроскопа (рис.1, б, в) и атомно-силового микроскопа (рис.1, г) с увеличением в 20000–350000 раз. Столбчатая и пластинчатая структуры пленок представлены на рис.1, в–д; однофазные структуры – на рис. 1, а–г, ж; многофазные – на рис.1, д, е, з.

В книге Грегори Дэйл Бир «Музыка, звучащая в крови» один бестолковый учёный, попытался украсть из лаборатории нациты – простейшие биокомпьютеры, созданные из белых кровяных тел. Для этого он впрыснул себе в кровь компонент, а дома они быстро размножились, обрели разум и изменили экосистему всей Северной Америки после чего эволюционировали еще дальше и перешли в другое измерение. И вот интересно, насколько далека реальная наука от этих жутковатых предсказаний наших фантастов. Если мы сегодня можем использовать наночастицы для лечения, то почему завтра мы не могли бы создать наноробот, способная проникать в наш организм, отремонтировать бы его и тогда мы жили бы вечно. Мы выяснили что наночастицы убивают бактерии и вирусы, и способны размножаться. Когда говорят про технологии, хотелось бы больше затрагивать тему механизмов или сложных строений. К примеру, нанороботы (рисунок 2) – размер которого даже меньше блохи, создан на специальных элементах содержащую наноструктуру металлов и стекла. Данный наноробот способен передвигаться, выполнять заданную программу, которая была создана учёными - химиками, Робот двигается на основе эффекта памяти формы и с помощью лазера можно нагревать его определенные «лапки» тем самым обеспечивая его передвижение. В среднем его скорость движения составляет порядка половины собственной длины в секунду.



*Рис. 1. Микрофотографии наноструктур:
а - компакт Pd; б - компакт TiN; в - излом пленки TiN; г - поверхность пленки TiN; д - многослойная пленка (сверхрешетка) Mo – V; е - закаленный из жидкого состояния сплав Al - Pb (10 %); ж, з - соответственно ячеистая и дендритно-ячеистая структура сплава Fe - Si, закаленного из жидкого состояния*



Рисунок 2. Наноробот

Применение наночастиц металлов:

Au – Золото:

- В качестве антибиотического, противогрибкового и антимикробного агента при добавлении в пластмассы, покрытия, нановолокна и текстиль.

- В нанопроводах и катализаторах.

- При доставке лекарств.

- Для подключения резисторов, проводников и других элементов электронной микросхемы.

- В фотодинамической терапии – когда излучение попадает на опухоль, содержащую наночастицы золота, частицы быстро нагреваются, убирая опухолевые клетки.

- В различных датчиках, например колориметрический датчик с наночастицами золота может определить, подходят ли продукты для употребления.

- В качестве подложек для измерения энергии химических связей в спектроскопии комбинационного рассеяния света с усилением поверхности.

- Рассеяние света на золотых наночастицах в настоящее время используется для приложений в биологической визуализации.

- Наночастицы золота довольно плотные, что позволяет использовать их в качестве зондов для просвечивающей электронной микроскопии.

- Для обнаружения биомаркеров при диагностике рака, болезней сердца и инфекций.

Cu – Медь:

- В качестве антибиотического, антимикробного и противогрибкового средства при добавлении в пластмассы, покрытия и текстиль.

- Высокопрочные металлы и сплавы.

- Экранирование электромагнитного излучения.

- Радиаторы и материалы с высокой теплопроводностью.

- Эффективный катализатор химических реакций и синтеза метанола и гликоля.

- В качестве спекающих добавок и конденсаторных материалов.

- Электропроводящие чернила и пасты, содержащие наночастицы Cu, могут использоваться в качестве замены очень дорогих благородных металлов, используемых в печатной электронике, дисплеях, а также в проводящих тонких пленках.

- Обработка поверхностных токопроводящих покрытий металлов и цветных металлов.

- Производство внутреннего электрода MLCC и других электронных компонентов в электронной суспензии для миниатюризации микроэлектронных устройств.

- В качестве нанометаллических присадок к смазочным материалам.

Одни из самых широких применений нанотехнологий нашло себя в медицине. Вообще нанотехнологии в медицине это такой пласт, про который можно писать отдельный курс по лекции, ввести отдельную дисциплину в образование, даже в рамках текущего состояния науки можно было бы ввести отдельную специальность на эту сферу.

Если затрагивать тему биоматериалов, все мы знаем прекрасно знаем, что наш организм очень не любит, когда в него что-то внедряют. Известный факт - организму свойственно постоянно пытаться покрыть инородное вещество какими-то оболочками, извлечение из тела, Но ведь он так он и реагирует в связи с тем, что эти материалы значительным образом отличаются от всего того, что есть внутри организма. Это считается как некоторый «вторженец» которого иммунная система пытается уничтожить, так как ему свойственно по природе уничтожать всё

что пришло извне. В таком случае современные технологии позволяют создать те материалы на основе ДНК человека или способный принять и подстроиться под него, чтобы организм воспринимал его как нечто привычное этому организму, что не надо с ним бороться и выводить из тела. К примеру, кибер-импланты сейчас набирают большую популярность в медицине, здесь я бы хотела привести пример из своей жизни, когда на мою травму пришлось сверху пересаживать кожу. Ведь кожу другого человека организм так же отторгает, чтобы такого не было, кожу для пересадки у меня брали с моего же тела. Для более благоприятного исхода, Чтобы такого не было учёные придумали такую вещь как «искусственная кожа» - созданная благодаря нанотехнологиям, где наночастицы покрывают кожный покров и восстанавливают кожу. Из минусов: это стоимость данного вида лечения и так же вероятность организма отторгнуть искусственную кожу как инородное вещество. Но опыты над этим ещё проводятся и активно исследуются. Может в будущем нам удастся полностью заменять любые органы человека с помощью нанотехнологий, не дожидаясь донора или реакции организма.

Проведение исследования:

1. Nazarbayev University – Центр наномедицинских исследований/Nazarbayev University Research and Innovation System (NURIS)

Название проекта: Development of Nanomaterials for Biomedical and Education Simulation Models – проводят исследования с использованием наноматериалов и создаются цифровые симуляции наноструктур, которые уже внедряются в школьные STEM-курсы Астаны.

2. Институт ядерной физики Республики Казахстан (г. Алматы)

Название проекта: «Наноструктурированные материалы и ИИ-моделирование их свойств»

В данной проекте применяется искусственный интеллект для прогноза химических свойств наночастиц, а результаты используются в

методических разработках для профильных специализированных школ и Назарбаев Интеллектуальных школ)

3. Nazarbayev Intellectual Schools

Название проекта: Virtual NanoLab AI

Виртуальная лаборатория с анализом искусственного интеллекта, где ученики школ моделируют поведение наночастиц серебра - Ag, оксида титана - TiO₂ и графена - C_n.

4. Satbayev University

Название научной статьи: К. Бекмухамбетов, А. Тулеубаева «Artificial Intelligence in Nanochemistry Education»

В данной статье рассматривается внедрение симуляторов с использованием искусственного интеллекта в школьные и в химическое образование колледжей.

К основным педагогическим составляющим можно отнести разработку практических механизмов в процесс преподавания химии в средней школе. STEM-подход обеспечивает междисциплинарную интеграцию знаний в химии, физике, информатике при изучении материалов. Для эффективного обучения следует так же проводить персонализированное обучение с помощью адаптивных алгоритмов что учитывает индивидуальные особенности обучающихся по специальным встроенным программам. Так же ранние прогнозы помогают заранее просчитать все моменты на которых следует обратить особое внимание.

Результаты и анализ:

Проведённый анализ показал, что использование технологий в преподавании химии открывает новые возможности для визуализации процессов на молекулярном и наноуровне.

В Республике Казахстан на данное время ведутся научно-педагогические исследования на тему внедрения нанотехнологий и искусственного интеллекта в среднее образование.

Исходя из исследования можно упомянуть про Nazarbayev University и Институт ядерной физики где активно разрабатываются модели с

использованием искусственного интеллекта для предварительного прогноза свойств моделей и других возможных наночастиц. А в школах NIS (Nazarbayev Intellectual School) внедряют виртуальные нанолaborатории (Virtual NanoLab, Phet) позволяющие учащимся изучать наноматериалы в цифровой среде. Учителя так же могут проводить моделирование вместо чертежей, что ускорит работу и улучшит эффективность в восприятии материала.

Таблица 2. Сравнение платформ виртуальных лабораторий

Платформа	Функции ИИ	Применение в химии	Эффект (по опросам)
Virtual NanoLab (NIS)	Моделирование наночастиц	TiO ₂ , Ag в катализе	+ 30% вовлечённости к уроку
Phet + ChatGPT	Виртуальные опыты	Диссоциация, реакции	Персонализация
NURIS Sim	Биоматериалы	Pd/TiN катализаторы	Рост знаний на 20%

Ключевые направления образовательного процесса:

- Формирование точной химической базы и навыков экспериментальной работы.
- Освоение инструментальных методов анализа на наноуровне.
- Математическое и компьютерное моделирование свойств наноматериалов.
- Проведение научно-исследовательской практики и проектная деятельность.
- Расширение прикладных возможностей обучающихся.
- Этическая, экологическая и нормативная подготовка.

Для выпуска высокотехнологичной нанопродукции необходимо развитая химическая индустрия. Именно там есть возможность создавать такие материалы, которые только имеются в силиконовой долине где имеются высокотехнологические химические лаборатории, и именно там работают химики со всего мира. Наша цель создать такие же возможности

как в силиконовой долине, даже хотя бы малость приблизиться к их открытиям с помощью правильной подготовки будущих химиков.

Как и говорилось ранее, на территории Казахстана под землёй находятся все виды редкоземельных металлов, которые сегодня на мировом рынке ценятся очень высоко, благодаря такой возможности мы можем проводить исследования на разном уровне сложности. Высокотехнологические химические производства, как нанотехнологии используются не только в космической отрасли, они так же активно используются в ракетостроении, в оборонной промышленности, за счёт этих технологии, страны могут иметь высокотехнологическую армию, а армия — это в свою очередь возможность влияния на других.

Для нашей страны особо важно выделять финансы на развитие естественных наук, не просто из остаточного принципа, а целенаправленно идти на развитие науки. Это и станет путём успеха для нашего народа. Образование в области нанохимии направлено на подготовку специалистов, способных вести самостоятельные исследования, разрабатывать инновационные наноматериалы и оценивать их свойства с высокой степенью точности и ответственности. Было выявлено, что интеграция элементов нанотехнологий с проектно-исследовательской деятельностью способствует развитию критического мышления, навыков научного анализа и исследовательской культуры учащихся. Кроме того, использование искусственного интеллекта способствует ознакомлению с примерами использования наноматериалов в медицине, экологии и промышленности, тем самым помогая формированию представления о роли химии в развивающейся экономика Республики Казахстан. Это так же соответствует государственным приоритетам в области цифровизации образования и подготовки конкурентоспособных кадров. Казахстан объявил 2026 год - Годом развития цифровизации и искусственного интеллекта. Об этом в интервью газете "Turkistan" рассказал президент РК Касым-Жомарт Кемелевич Токаев, подробно обозначив задачи, достижения и планы по превращению страны в цифровую державу.

Научная новизна исследования заключается в разработке концептуального подхода к интеграции нанотехнологий и искусственного интеллекта в школьный курс химии, основанного на использование цифровых симуляций, виртуальных лабораторий и адаптивных образовательных систем. Сравнительный анализ существующих образовательных подходов показал, что традиционные методы

преподавании химии, основанные преимущественно на репродуктивном усвоении знаний, уступают по эффективности моделям, включающие цифровые технологии. Такие модели обеспечивают более высокий уровень вовлечённости у учеников и способствует переходу от пассивного восприятия информации к активной познавательной деятельности. Вместе с тем, в ходе исследования было выявлено ряд ограничений, к ним можно отнести недостаточную техническую оснащённость образовательных учреждений из-за нехватки финансирования, недостаточно развитый уровень цифровой компетентности педагогов, а также отсутствие учебных материалов по интеграции нанотехнологий в школьном курсе химии.

Все указанные факторы требуют дополнительного внимания при разработке образовательных программ и повышении квалификации педагогических кадров.

Заключение

Проведённый анализ показал, что использование искусственного интеллекта в преподавании химии открывает новые возможности для визуализации процессов на молекулярном и наноуровне. Современные цифровые платформы позволяют моделировать структуру наноматериалов, анализировать их свойства и проводить виртуальные лабораторные эксперименты. Внедрение виртуальных лабораторий и цифровых симуляторов обеспечивает формирование у учащихся исследовательских компетенций и навыков научного анализа. Кроме того, адаптивные алгоритмы искусственного интеллекта позволяют учитывать индивидуальные особенности обучающихся и повышают эффективность образовательного процесса. Данный подход способствует повышению качества образования, формированию новых открытий и научного мировоззрения учащихся, даёт наклон на подготовку специалистов, способных вести самостоятельные исследования, разрабатывать инновационные наноматериалы и оценивать их свойства с высокой степенью точности и ответственности.

Нанотехнологии - это открытие масштабного уровня, что проявляет уникальные физико-химические свойства, которые могут отсутствовать у других микроскопических аналогов. Все эти возможности помогают учащимся легче адаптироваться в условиях высокотехнологичного общества, быстро понимать и преуспевать за резкими изменениями в науке и даже поможет стать тем человеком, кто сможет открыть что-то новое на

весь мир. Благодаря данным технологиям учащиеся поймут, что в науке нет предела и человечество способно освоить всё, что только можно.

Список использованной литературы:

Бекмухамбетов, К., & Тулеутаева, А. (2022). Artificial Intelligence in Nanochemistry Education. *Bulletin of Satbayev University*, (4), 88–94.

Nanostructured materials and AI modeling of their properties: Collection of scientific papers. (2023). Almaty: Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan.

Министерство просвещения Республики Казахстан. (n.d.). *Концептуальные основы внедрения искусственного интеллекта в образования*. Retrieved March 26, 2026, from <https://www.gov.kz/memleket/entities/edu/press/news/details/1070018?lang=ru>

Atameken Business. (n.d.). *Казахстан объявил 2026 год годом ИИ и цифровизации*. Retrieved March 26, 2026, from <https://inbusiness.kz/index.php/ru/last/kazakhstan-obyavil-2026-god-godom-ii-i-cifrovizacii>

Nazarbayev University Research and Innovation System (NURIS). (2024). *Nanomaterials Research Projects 2022–2024*. Astana: NURIS.

Nazarbayev Intellectual Schools. (2023). *Virtual NanoLab AI: методические рекомендации для учителей химии*. Astana: NIS.

Машков, Ю. К., & Малий, О. В. (2014). *Материалы и методы нанотехнологии* (pp. 5–11). Омск: ОмГТУ.

Полат, Е. С. (2020). *Современные педагогические и информационные технологии в системе образования*. Москва: Академия.

Кузнецов, А. А. (2021). *STEM-образование: теория и практика*. Москва: Просвещение.

References

Bekmukhambetov, K., & Tuleutayeva, A. (2022). Artificial intelligence in nanochemistry education. *Bulletin of Satbayev University*, (4), 88–94.

Nanostructured materials and AI modeling of their properties: Collection of scientific papers. (2023). Almaty: Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan.

Ministry of Education of the Republic of Kazakhstan. (n.d.). *Conceptual foundations for the implementation of artificial intelligence in education*.

Retrieved March 26, 2026, from <https://www.gov.kz/memleket/entities/edu/press/news/details/1070018?lang=ru>

Atameken Business. (n.d.). *Kazakhstan declared 2026 the year of AI and digitalization*. Retrieved March 26, 2026, from <https://inbusiness.kz/index.php/ru/last/kazahstan-obyavil-2026-god-godom-ii-i-cifrovizacii>

Nazarbayev University Research and Innovation System (NURIS). (2024). *Nanomaterials research projects 2022–2024*. Astana: NURIS.

Nazarbayev Intellectual Schools. (2023). *Virtual NanoLab AI: Methodological recommendations for chemistry teachers*. Astana: NIS.

Mashkov, Y. K., & Maliy, O. V. (2014). *Materials and methods of nanotechnology* (pp. 5–11). Omsk: OmSTU.

Polat, E. S. (2020). *Modern pedagogical and information technologies in the education system*. Moscow: Akademiya.

Kuznetsov, A. A. (2021). *STEM education: Theory and practice*. Moscow: Prosveshchenie.

Қабылқанова Ақжан Ерланқызы¹, Нурғалиева Дамен Аукиловна²

¹3-курс студенті, ²п.ғ.к, доцент

^{1,2}Астана Халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

Қазақстан Республикасының орта білім беру жүйесінде химияны оқытуға нанотехнология мен жасанды интеллектті интеграциялау

Аңдатпа. Мақалада нанотехнология мен жасанды интеллект құралдарын біріктіру мүмкіндіктері қарастырылады. Жұмыстың өзектілігі наноғылым мен цифрлық технологиялардың белсенді дамуына байланысты. Қазіргі цифрлық жетістіктерге ерекше назар аударылады, ал зерттеудің мақсаты мектептегі химия курсының негіздерін зерттеуде жасанды интеллектті қолданудың педагогикалық тәсілдерін талдау болып табылады. Жұмыстың әдіснамалық негізі ғылыми әдебиеттерді теориялық талдау, білім беру тәжірибелерін салыстырмалы талдау, сондай-ақ оқытуда цифрлық технологияларды қолданудың педагогикалық тәжірибесін жалпылау әдістері болды. Зерттеулер нәтижесінде виртуалды зертханаларды, наноматериалдарды цифрлық модельдеуді, STEM-білім беруді және білім беру нәтижелерін бағалаудың аналитикалық жүйелерін қолдануды қоса алғанда, оқытуда жасанды интеллектті пайдаланудың негізгі бағыттары анықталды. Мұндай құралдарды қолдану студенттерге нанотехнология саласындағы адамзаттың барлық жетістіктерімен тереңірек танысуға және

түсінуге мүмкіндік береді. Біздің еліміздегі заманауи білім беру жүйесінің трансформациясы жағдайында және жаңа педагогикалық парадигмалардың жоғары қалыптасуымен жасанды интеллект пен бірін-бірі толықтыратын нанотехнологиялардың екі тақырыбын синтездеу өте орынды деп саналады. Зерттеудің практикалық маңыздылығы осы бағытты дамытуда және химияның нанотехнологияларының элементтерін орта білім беру саласына интеграциялау бойынша педагогикалық ұсыныстарды әзірлеуде жатыр, бұл бізге білім беру процесін жаңғырту үшін қызықты перспективалар ашады.

Кілт сөздер: нанотехнология, жасанды интеллект, оқытуды даралау, химияны оқыту, даралау, цифрлық технологиялар, STEM-білім беру.

Kabylkanova Akzhan Erlankyzy¹, Nurgalieva Damen Aukilovna²

¹3rd year student, ² PhD, Associate Professor

^{1,2}Astana International University, Astana, Kazakhstan

Integration of nanotechnology and artificial intelligence into chemistry teaching in the secondary education system of the Republic of Kazakhstan

Abstract. The article discusses the possibilities of integrating nanotechnology and artificial intelligence tools. The relevance of the work is due to the active development of nanoscience and digital technologies. Special attention is paid to modern digital achievements, and the purpose of the study is to analyze pedagogical approaches to using artificial intelligence in studying the basics of a school chemistry course. The methodological basis of the work consists of methods of theoretical analysis of scientific literature, comparative analysis of educational practices, as well as generalization of pedagogical experience in the use of digital technologies in teaching. As a result of the research, key areas of the use of artificial intelligence in teaching have been identified, including the use of virtual laboratories, digital modeling of nanomaterials, STEM education and analytical systems for evaluating educational outcomes. Using such tools allows students to become more familiar with and understand all the achievements of mankind in the field of nanotechnology. In the context of the transformation of the modern education system in our country and with the rapid emergence of new pedagogical paradigms, it is considered that the synthesis of two topics, as artificial intelligence and nanotechnology complement each other, is quite appropriate. The practical significance of the research lies in the development of this area and in the development of pedagogical recommendations for the integration of elements of nanotechnology chemistry in secondary education, which opens up attractive prospects for modernizing the educational process.

Keywords: nanotechnology, artificial intelligence, individualization of learning, chemistry teaching, personalization, digital technologies, STEM education.