

Искусственный интеллект в автоматизации научных исследований: от интеллектуальных инструментов к автономным лабораториям

Литературный обзор

Искусственный интеллект в автоматизации научных исследований: от интеллектуальных инструментов к автономным лабораториям

2025

Аннотация

Искусственный интеллект постепенно переходит от поддержки отдельных операций к интеграции в полный цикл научного исследования, включающий формирование гипотез, проектирование и проведение экспериментов, анализ данных и научную коммуникацию. Цель обзора — систематизировать основные направления применения ИИ в научной работе, уточнить уровни автоматизации и сопоставить технологические возможности с требованиями к воспроизводимости, объяснимости и человеческому контролю. Рассмотрены генеративные и аналитические инструменты, ИИ-агенты, самоуправляемые лаборатории, вычислительное открытие лекарств, материалов и белков, а также инфраструктурные и организационные условия их применения. Синтез исследований показывает, что наиболее убедительные результаты связаны с замкнутыми контурами, где модели, активное обучение, роботизированное оборудование и экспериментальная обратная связь объединены в единую систему. Вместе с тем эффективность таких систем зависит не только от вычислительной мощности, но и от качества данных, предметных знаний, стандартизированной отчётности и распределения ответственности. Основным нерешённым вопросом заключается в отсутствии сопоставимых эмпирических критериев, позволяющих оценивать влияние ИИ не только на скорость отдельных операций, но и на качество, воспроизводимость и организацию научного труда.

Ключевые слова: искусственный интеллект, научные исследования, автоматизация, ИИ-агенты, самоуправляемые лаборатории, машинное обучение, активное обучение, воспроизводимость, объяснимость, научная инфраструктура

1. Введение: значение и границы темы

Автоматизация научных исследований вступила в этап, когда ИИ используется не только для поиска информации, классификации данных или построения прогнозов. Современные системы способны сочетать обработку текста, изображений, измерений и структурированных наборов данных с планированием последовательности действий. В научной практике это означает переход от модели «второго пилота», предлагающего человеку

варианты анализа, к более сложным агентным системам, которые могут взаимодействовать с программным обеспечением и лабораторным оборудованием. Такая трансформация расширяет предмет автоматизации: объектом становится уже не отдельная операция, а связанный рабочий процесс научного открытия [1].

Значение этого перехода определяется тем, что научное исследование состоит из повторяющихся, информационно насыщенных и часто итеративных процедур. Формирование гипотезы опирается на массивы публикаций и экспериментальных данных; проектирование эксперимента требует выбора параметров и ограничений; интерпретация результата предполагает сопоставление наблюдений с теоретическими моделями. Быстрый прогресс машинного обучения и автономного принятия решений создаёт условия для перераспределения этих задач между человеком и вычислительной системой, хотя сам по себе технологический прогресс ещё не гарантирует научно значимого результата [2].

Особенно наглядно новая архитектура проявляется в самоуправляемых лабораториях. Они объединяют ИИ, автоматизированные экспериментальные процедуры, робототехнику и средства анализа данных в химии, материаловедении и биологических науках. В предельном варианте такая система формирует гипотезу, выбирает следующий эксперимент, получает измерения, обновляет модель и продолжает поиск. Поэтому автоматизация научных исследований рассматривается в настоящем обзоре не как перечень отдельных технологий, а как изменение структуры научного цикла [3][4].

Обзор ограничен применением ИИ на этапах формирования гипотез, планирования, проведения и анализа эксперимента, а также подготовки и распространения научного знания. В центре внимания находятся генеративные и аналитические инструменты, ИИ-агенты и автономные лаборатории; вопросы общего промышленного применения ИИ затрагиваются только тогда, когда они помогают объяснить организационные последствия автоматизации научного труда.

2. Ключевые понятия и постановка проблемы

Рабочее определение ИИ имеет не только терминологическое, но и исследовательское значение: оно определяет, какие системы включаются в анализ и какие результаты признаются проявлением интеллектуальной деятельности. Для продуктивного определения необходимы соответствие распространённому употреблению, чёткая граница, полезность для исследований и относительная простота. В одном из концептуальных подходов интеллект описывается как способность к адаптации при недостатке знаний и ресурсов; такая трактовка позволяет рассматривать научный ИИ через его способность изменять стратегию поиска в зависимости от полученной информации [5].

Автоматизация обозначает передачу определённой операции или последовательности операций технической системе. Автономность является более сильным свойством: она предполагает, что система самостоятельно выбирает действия в пределах заданной цели, ограничений и доступной обратной связи. Поэтому автоматизированное измерение температуры и автономное планирование серии экспериментов нельзя считать эквивалентными уровнями участия ИИ. Самоуправляемая лаборатория представляет собой интегрированную систему, где вычислительные модели, оборудование и контуры обратной связи соединены таким образом, чтобы поддерживать итеративное исследование.

Важным является и различие между замещением и дополнением человеческой деятельности. Замещение означает передачу операции машине, тогда как дополнение предполагает совместное выполнение задачи, при котором человек сохраняет функции интерпретации, постановки целей или контроля. Эти режимы не образуют строго разделённых альтернатив: автоматизация одних процедур может одновременно повышать требования к экспертной оценке других. Такое взаимное усиление создаёт организационное напряжение, поскольку изменение распределения задач меняет и ответственность за ре-

зультат [6].

Рабочее сопоставление понятий и уровней автоматизации научного цикла

Понятие или уровень	Основная функция	Роль человека	Ключевое ограничение
Поддержка отдельной задачи	Поиск, классификация, генерация текста или анализ данных	Постановка задачи и проверка результата	Зависимость от качества запроса и данных
ИИ-агент	Планирование последовательности действий и работа с инструментами	Определение целей, ограничений и критериев приемлемости	Ошибки планирования и недостаточная проверяемость промежуточных решений
Самоуправляемая лаборатория	Замкнутый цикл гипотеза — эксперимент — анализ — обновление модели	Научная интерпретация, аудит и конечная ответственность	Интеграция оборудования, метаданных и предметных знаний

Таким образом, центральная проблема заключается не в установлении максимальной степени автономности, а в определении условий, при которых автономизация расширяет научные возможности. Эти условия включают предметную осмысленность моделей, прозрачность решений, воспроизводимость экспериментов и возможность вмешательства человека. Наименее разработанными остаются сопоставимые критерии, позволяющие отличать демонстрацию технической работоспособности от устойчивого улучшения научного процесса.

3. Ландшафт исследований и основные направления применения

Современное поле можно разделить по функциям, которые ИИ выполняет в научном цикле. Первый уровень образуют генеративные и аналитические инструменты, применяемые для обработки данных, поиска закономерностей, генерации гипотез, редактирования научного текста и коммуникации результатов. Обзоры применения ChatGPT указывают на использование таких систем в обработке данных, научном сотрудничестве, формировании гипотез и взаимодействии с общественностью, однако эти функции преимущественно сохраняют человека в роли постановщика и проверяющего [7].

Второй уровень связан с ИИ-агентами, которые не ограничиваются выдачей ответа, а планируют рабочий процесс, используют внешние инструменты и оценивают промежуточные результаты. В биомедицинских исследованиях агентные системы рассматриваются как средства планирования открытий, выполнения повторяющихся процедур и самооценки пробелов в знаниях. Большие языковые и генеративные модели при этом могут выполнять функцию структурированной памяти, а специализированные модели машинного обучения — связывать научные данные с предметными теориями и биологическими принципами [8].

Третий уровень представлен самоуправляемыми лабораториями. В химии и материаловедении они объединяют автоматизированное планирование и роботизированное проведение экспериментов, а их применение распространяется на разработку лекарств, геномику, синтез материалов и исследование органических полупроводниковых лазеров [9][4]. В биологии аналогичная логика используется для навигации по пространству вариантов

белковых последовательностей. Платформа SAMPLE объединяет моделирование, дизайн белков, роботизированное тестирование и экспериментальную обратную связь, формируя замкнутый контур белковой инженерии [10].

Наконец, отдельное направление составляют предметные контуры автоматизации, ориентированные на конкретный результат: открытие лекарственных средств, поиск материалов или получение биомедицинских решений. В разработке лекарств глубокое обучение применяется для прогнозирования синтеза, *de novo*-дизайна молекул, анализа биологических изображений и оценки активности кандидатов [11]. В материаловедении вычислительный скрининг, машинное обучение и автоматизированный синтез соединяются с роботизированными экспериментами. Поэтому различия между направлениями определяются не только дисциплиной, но и глубиной интеграции отдельных этапов.

Таксономическая матрица применения ИИ в научном цикле

Этап научного цикла	Функция ИИ	Типичная среда	Уровень автономности
Формирование вопроса и гипотезы	Синтез публикаций, генерация и ранжирование гипотез	Текстовые и мультимодальные модели	Поддержка или агентное планирование
Проектирование эксперимента	Оптимизация параметров, виртуальный скрининг, активное обучение	Химия, фармацевтика, материаловедение	Агентный контур
Проведение эксперимента	Управление роботами, сенсорами и лабораторными процедурами	Самоуправляемая лаборатория	Частичная или высокая автономность
Анализ и обновление гипотезы	Извлечение признаков, моделирование, оценка результата	Большие и мультимодальные данные	Замкнутый цикл при наличии обратной связи
Научная коммуникация	Редактирование, визуализация, подготовка публикаций и рецензирование	Генеративные инструменты	Преимущественно дополнение человека

Карта направлений показывает, что граница между инструментом и исследовательской системой проходит не по типу модели, а по степени включённости в принятие решений. Генеративная модель может оставаться вспомогательным средством, тогда как сравнительно узкая специализированная модель становится частью автономного контура, если она определяет следующий эксперимент и получает проверяемую обратную связь.

4. Методы, инфраструктура и доказательная база

Технологическая основа самоуправляемых лабораторий включает аппаратное и программное обеспечение, роботизированные манипуляторы, сенсорные системы, вычислительные модели и интерфейсы интеграции с лабораторной инфраструктурой. Такая

архитектура требует согласованной передачи данных между измерительным оборудованием, системой планирования и аналитическим модулем. Обзор лабораторий для химии и материаловедения подчёркивает, что автономность определяется не отдельным алгоритмом, а совместимостью всех компонентов экспериментального процесса [9].

На уровне вычислительных методов наиболее важны машинное и активное обучение. Машинное обучение используется для аппроксимации зависимостей между условиями эксперимента и свойствами объекта, тогда как активное обучение помогает выбирать следующий эксперимент с учётом уже накопленной информации. В A-Lab языковые модели, данные научной литературы, первопринципные вычисления, машинное и активное обучение были объединены с робототехникой для автономного твёрдофазного синтеза неорганических материалов [12].

Важным преимуществом автоматизированных экспериментов является возможность фиксировать точные условия проведения процедур и связывать результат с метаданными. При открытом размещении такие наборы данных могут поддерживать воспроизводимость и последующий анализ. Однако это преимущество возникает только при последовательной регистрации неудачных экспериментов, параметров оборудования и контекста измерений. Модели, обученные преимущественно на опубликованной литературе и базах данных, могут сталкиваться с отсутствием отрицательных результатов и неполными метаданными [4].

Для научной интерпретации недостаточно высокой прогностической точности. Предметные знания необходимы, чтобы связать вычислительную закономерность с научно осмысленным механизмом и определить границы применимости результата. Подходы объяснимого машинного обучения поэтому рассматривают прозрачность, интерпретируемость и объяснимость как условия получения научного знания, а не только как средства повышения доверия пользователей [13].

Доказательная база в рассматриваемом поле неоднородна. Она включает концептуальные статьи, обзоры технологий, модельные исследования и результаты автономных экспериментов. Концептуальные работы помогают определить понятия и организационные последствия, но не измеряют эффект автономизации. Технологические демонстрации показывают реализуемость отдельных контуров, однако их результаты могут зависеть от специально подготовленной инфраструктуры и ограниченного класса задач. Экспериментальные исследования дают более конкретные показатели, но обычно относятся к определённой лаборатории, материалу или биологической системе.

Проблема сопоставимости особенно заметна в медицинских и биомедицинских применениях. Ни один единичный показатель не отражает всех желательных свойств модели, а различия в отчётности затрудняют объективное сравнение исследований. Поэтому оценка должна включать несколько метрик, характеристики данных, границы выборки и описание экспериментального протокола [14].

Сравнение основных методических семейств

Методическое семейство	Тип данных	Степень автономности	Критерий оценки	Ограничение
Генеративные модели	Текст, изображения, мультимодальные данные	Низкая или средняя	Релевантность, корректность и проверяемость результата	Ошибки, смещения и недостаточная обоснованность ответа

Методическое семейство	Тип данных	Степень автономности	Критерий оценки	Ограничение
Машинное и активное обучение	Экспериментальные и вычислительные наборы данных	Средняя	Качество прогноза и информативность выбранного эксперимента	Зависимость от полноты данных и области применимости модели
Роботизированный эксперимент	Измерения, параметры процедур, метаданные	Средняя или высокая	Повторяемость, точность и стабильность протокола	Сложность интеграции оборудования и предметная специфичность
Замкнутая автономная лаборатория	Мультимодальные данные полного цикла	Высокая	Научная ценность открытия и воспроизводимость цикла	Аудит решений, безопасность и распределение ответственности

5. Синтез результатов и ключевые дискуссии

Повторяющаяся закономерность исследований состоит в том, что наибольший эффект возникает при соединении вычислительного поиска с физическим экспериментом. Модель сама по себе может расширять пространство гипотез, но не устраняет необходимость проверки материального объекта. Замкнутый контур сокращает задержку между прогнозом и наблюдением, позволяя обновлять модель не только на основе уже опубликованных данных, но и на основе специально выбранного эксперимента.

Результаты A-Lab иллюстрируют эту логику: за 17 дней непрерывной работы платформа синтезировала 41 новое соединение из 58 целевых оксидов и фосфатов. Анализ неудачных синтезов дал рекомендации для последующего скрининга материалов и проектирования синтеза [12]. Научное значение здесь связано не только с числом полученных соединений, но и с тем, что неудачный эксперимент превращается в источник информации для следующего шага.

Сходная структура наблюдается в белковой инженерии, хотя предметная область и критерии успеха иные. Четыре независимо запущенных агента SAMPLE демонстрировали различное поисковое поведение, но сошлись на более термостабильных гликозидгидролазах; разработанные ферменты были как минимум на 12 °C стабильнее исходных последовательностей [10][15]. Этот пример показывает, что автономность может расширять исследуемое пространство вариантов, сохраняя при этом необходимость экспериментальной проверки свойств.

Вместе с тем перенос результатов между дисциплинами не является автоматическим. Химический синтез, белковая инженерия и биомедицинский анализ различаются типом данных, длительностью эксперимента, стоимостью ошибки и требованиями к безопасности. Поэтому общая архитектура «модель — действие — обратная связь» не отменяет необходимости специализированных систем. Прямой перенос методов ИИ между областями может создавать непредвиденные проблемы, если не учитываются предметные ограничения и особенности экспериментальной среды [16].

Центральная дискуссия касается соотношения автоматизации и человеческой экспертизы. Агентные системы в биомедицине обычно рассматриваются как средства дополнения, а не замены исследователей: человеческая креативность и предметное понимание

соединяются с анализом больших данных и поиском по пространству гипотез [8]. Такая модель наиболее оправдана там, где результат требует интерпретации, выбора научно значимой цели и оценки неожиданных наблюдений.

Однако дополнение не должно пониматься как простое сохранение прежнего разделения труда. По мере автоматизации рутинных действий возрастает значение функций, которые трудно формализовать: постановки исследовательского вопроса, оценки правдоподобия и выявления артефактов. В организационном отношении автоматизация и дополнение образуют взаимозависимую систему. Односторонний акцент на замещении или, напротив, на расширении возможностей может запускать самоподдерживающиеся процессы с нежелательными последствиями для организации и общества [6].

Эффективность ИИ поэтому следует оценивать многомерно. Ускорение поиска или увеличение числа обработанных вариантов не равнозначно повышению качества знания. Для научного процесса существенны также воспроизводимость, объяснимость, устойчивость результата к изменению данных и способность других исследователей повторить эксперимент. Обзоры организационного применения ИИ различают эффекты первого порядка, возникающие непосредственно от использования технологии, и эффекты второго порядка, связанные с изменением процессов, компетенций и структуры организации [17].

С этой точки зрения автономная лаборатория является не только техническим объектом, но и новой организационной формой науки. Она требует иных компетенций, процедур контроля, правил доступа к данным и механизмов распределения ответственности. Технологическая ценность возникает лишь тогда, когда лаборатория способна превращать вычислительные предложения в проверяемые экспериментальные результаты, а организация — оценивать эти результаты в контексте научных целей.

6. Ограничения, исследовательские пробелы и перспективы

Основные ограничения связаны с качеством данных, корректностью моделей и возможностью проверить происхождение результата. Генеративные системы могут формулировать убедительные, но недостаточно обоснованные утверждения; в научной коммуникации это создаёт риск ошибочного восприятия модели как высшего эпистемического авторитета. Для ChatGPT и сходных инструментов также описаны смещения, угрозы конфиденциальности и безопасности, неправомерное использование, дезинформация и необходимость критической проверки сгенерированных материалов [18][7][19].

В автономных лабораториях эти риски приобретают физическое измерение. Ошибка модели может привести не только к неверному тексту или прогнозу, но и к неправильному выбору реагента, режима эксперимента или последовательности операций. Дополнительные трудности создают отсутствие отрицательных результатов, неполные метаданные и различия между лабораторными установками. Поэтому высокая степень автономности должна сопровождаться журналированием действий, аудитом решений, возможностью остановки процесса и сохранением конечной ответственности за человеком [3][4].

Существует и проблема стандартизации. Публикации используют неодинаковые критерии эффективности, а единичная метрика не может одновременно описать точность, устойчивость, клиническую или экспериментальную применимость и объяснимость модели. Без унифицированной отчётности трудно сопоставлять демонстрации, модельные исследования и автономные эксперименты. Стандарты должны охватывать не только характеристики алгоритма, но и происхождение данных, параметры оборудования, неудачные попытки, вмешательства человека и условия воспроизводимости [14].

Нормативные и кадровые последствия также нельзя считать внешними по отношению к технической системе. Автономные лаборатории могут сократить часть повторяющихся

научных задач, но одновременно повысить спрос на специалистов, способных проектировать, обслуживать и проверять сложные вычислительно-экспериментальные контуры. Возникают вопросы патентования результатов, созданных при участии ИИ, доступа к облачным лабораториям и неравномерного распределения инфраструктурных ресурсов [3].

Ответственное внедрение требует перехода от декларативных этических принципов к практическим процедурам управления. Необходимы человеческий контроль, прозрачность, оценка рисков, защита данных, кибербезопасность и понятное распределение ответственности на всех этапах жизненного цикла системы. Для автономных лабораторий риски безопасности рассматриваются как управляемые при проактивном регулировании и надёжной защите инфраструктуры, однако конкретные механизмы должны соответствовать предметной области и уровню автономности [3].

Главный исследовательский пробел состоит в разрыве между быстрым развитием отдельных демонстрационных систем и недостатком сопоставимых исследований их долгосрочного воздействия на научный труд и качество знания. Существуют убедительные примеры ускорения поиска материалов, белковой инженерии и разработки лекарств, но они не образуют универсального доказательства того, что автоматизация повышает воспроизводимость или научную продуктивность во всех исследовательских средах. Не хватает междисциплинарных теорий, связывающих характеристики модели, организационные условия, человеческую экспертизу и результаты научного цикла.

Перспективная повестка должна поэтому быть ориентирована на конкретные формы ИИ и измеримые исследовательские процессы, а не на ИИ как недифференцированное целое. Приоритетами являются эмпирическая проверка реальных рабочих процессов, развитие междисциплинарных теорий, стандарты отчётности, оценка масштабирования, исследование стратегий внедрения и повышение ИИ-грамотности. Обзоры управления ИИ подчёркивают необходимость изучать не только возможности технологий, но и процессы вовлечения заинтересованных сторон, коммуникации, регулирования и оценки последствий [20][21].

Заключение

ИИ в автоматизации научных исследований развивается от поддержки отдельных операций к интегрированным системам, соединяющим генерацию гипотез, вычислительное моделирование, роботизированный эксперимент и обновление знаний. Наиболее развитые самоуправляемые лаборатории демонстрируют возможность автоматизировать значительную часть научного метода, а результаты в материаловедении и белковой инженерии показывают, что замкнутая обратная связь может расширять пространство поиска и ускорять получение проверяемых результатов [12][10].

Вместе с тем поле нельзя описывать как линейное движение к полной автономности. Хорошо изучены отдельные вычислительные методы, предметные приложения и архитектуры лабораторной интеграции. Условно подтверждены преимущества замкнутых контуров, активного обучения и сочетания ИИ с человеческой экспертизой. Остаются спорными универсальность этих преимуществ, переносимость методов между дисциплинами и влияние автоматизации на качество научного знания. Недостаточно исследованы долгосрочные организационные последствия, воспроизводимость в разных лабораториях и критерии оценки реального научного воздействия.

Следовательно, научно продуктивная модель будущего заключается не в безусловном замещении исследователя, а в управляемом сотрудничестве человека и ИИ. Его основой должны стать предметные знания, прозрачные процедуры, многомерные метрики, полная регистрация данных и сохранение человеческой ответственности за цели, интерпретацию и последствия эксперимента. Именно разработка сопоставимой эмпирической

базы и междисциплинарных моделей такого сотрудничества представляет собой наиболее обоснованный следующий шаг в исследовании автоматизации науки.

Список литературы

1. Hartung T. Искусственный интеллект, агентные модели и автоматизация лабораторий для научных открытий — начало scAInce. *Frontiers in Artificial Intelligence*. 2025. SCID: 54.1/t8y4sw2e.
2. Dwivedi Y. K., Hughes L., Ismagilova E. et al. Искусственный интеллект (ИИ): междисциплинарные перспективы новых вызовов, возможностей и повестки исследований, практики и политики. *International Journal of Information Management*. 2019. SCID: 54.1/dsztzjkw.
3. Tobias A., Wahab A. Автономные «самоуправляемые» лаборатории: обзор технологий и последствий для политики. *Royal Society Open Science*. 2025. SCID: 54.1/4ut5c25j.
4. Seifrid M., Pollice R., Aguilar-Granda A. et al. Автономные химические эксперименты: проблемы и перспективы создания лаборатории с автономным управлением. *Accounts of Chemical Research*. 2022. SCID: 54.1/24gq3qcs.
5. Wang P. К определению искусственного интеллекта. *Journal of Artificial General Intelligence*. 2019. SCID: 54.1/d4f5s3nv.
6. Raisch S., Krakowski S. Искусственный интеллект и менеджмент: парадокс автоматизации и расширения возможностей. *Academy of Management Review*. 2021. SCID: 54.1/f7feyqsd.
7. Ray P. P. ChatGPT: комплексный обзор предпосылок создания, применений, ключевых проблем, предвзятости, этических аспектов, ограничений и перспектив развития. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*. 2023. SCID: 54.1/ck6dxnst.
8. Gao S., Fang A., Huang Y. et al. Расширение возможностей биомедицинских исследований с помощью ИИ-агентов. *Cell*. 2024. SCID: 54.1/w9yj5ssk.
9. Tom G., Schmid S. P., Baird S. G. et al. Лаборатории с автономным управлением для химии и материаловедения. *Chemical Reviews*. 2024. SCID: 54.1/nu3t3y8y.
10. Rapp J., Bremer B. J., Romero P. A. Лаборатории с автономным управлением для автономной навигации в ландшафте приспособленности белков. *Nature Chemical Engineering*. 2024. SCID: 54.1/3y4jkbce.
11. Chen H., Engkvist O., Wang Y. et al. Расцвет глубокого обучения в разработке лекарственных средств. *Drug Discovery Today*. 2018. SCID: 54.1/7ypk8rz9.
12. Szymanski N. J., Rendy B., Fei Y. et al. Автономная лаборатория для ускоренного синтеза неорганических материалов. *Nature*. 2023. SCID: 54.1/u82cj34r.
13. Roscher R., Bohn B., Duarte M. F., Garcke J. Объяснимое машинное обучение для получения научных знаний и открытий. *IEEE Access*. 2020. SCID: 54.1/t6hud68c.
14. Hicks S. A., Strümke I., Thambawita V. et al. Метрики оценки медицинских применений искусственного интеллекта. *Scientific Reports*. 2022. SCID: 54.1/cj4pb7rd.
15. Rapp J., Bremer B. J., Romero P. A. Лаборатории с автономным управлением для автономной навигации в ландшафте приспособленности белков. *bioRxiv*. 2023. SCID: 54.1/a82x6akd.
16. Butakova M. A., Чернов А. В., Kartashov O. O. et al. Архитектура самоходных лабораторий, ориентированная на данные, для автономного открытия новых наноматериалов. *Nanomaterials*. 2021. SCID: 54.1/ewhesdj6.
17. Enholm I. M., Papagiannidis E., Mikalef P., Krogstie J. Искусственный интеллект и ценность для бизнеса: обзор литературы. *Information Systems Frontiers*. 2021. SCID: 54.1/a424stwu.
18. Dwivedi Y. K., Kshetri N., Hughes L. et al. Дискуссионная статья: «Ну и что, если это написал ChatGPT?» Междисциплинарные взгляды на возможности, проблемы и последствия применения генеративного разговорного искусственного интеллекта в исследованиях, практике и политике. *International Journal of Information Management*. 2023. SCID: 54.1/a5bdhcf7.

19. Cooper G. Изучение естественно-научного образования с помощью ChatGPT: поисковое исследование генеративного искусственного интеллекта. *Journal of Science Education and Technology*. 2023. SCID: 54.1/ff4m6he.
20. Taeihagh A. Управление искусственным интеллектом. *Policy and Society*. 2021. SCID: 54.1/xw26yz5j.
21. Zuiderwijk A., Chen Y.-C., Salem F. Последствия использования искусственного интеллекта в государственном управлении: систематический обзор литературы и программа исследований. *Government Information Quarterly*. 2021. SCID: 54.1/epuqzh59.