



ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УЧЕТ И АУДИТ ЗАТРАТ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ: ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Д.А Сактаганов*¹, И.А Месхидзе², Г.К. Исина³

^{1,3}Гуманитарно-техническая академия, Кокшетау, Казахстан

²Батумский государственный университет им.Шота Руставели, Батуми, Грузия

E-mail: ¹saktaganov_da_1@enu.kz, ²raihan-1974@mail.ru, ³isina.gulim@mail.ru

Аннотация. Цель. В статье рассматриваются современные подходы к экологическому учету и аудиту затрат в литейном производстве в условиях активной цифровизации экономики и перехода к устойчивому развитию. Раскрыта необходимость интеграции экологического учета в общую систему управленческого и финансового учета предприятий металлургического профиля. Особое внимание уделено специфике литейного производства, характеризующегося высокой энергоемкостью, значительным уровнем выбросов и образованием промышленных отходов, что обуславливает потребность в точном определении и анализе экологических затрат.

Методы исследования. Проанализированы ключевые экологические аспекты производственного цикла литейных предприятий, включая выбросы загрязняющих веществ, энергопотребление, утилизацию отходов и водопользование. Обоснована роль цифровизации и внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в совершенствовании систем учета и аудита, обеспечивающих прозрачность и достоверность данных о воздействии производства на окружающую среду.

На основе системного и сравнительного анализа предложена концептуальная модель экологического аудита с использованием инструментов ИИ. Модель включает автоматизацию калькуляции экологических затрат, прогнозирование рисков загрязнения и оценку эффективности природоохранных мероприятий. Выводы. Представлены основные направления применения интеллектуальных алгоритмов для обработки больших массивов производственных данных, мониторинга выбросов и оптимизации технологических процессов.

Результаты исследования показывают, что цифровизация учета и применение ИИ способствуют повышению точности аналитических расчетов, снижению человеческого фактора и улучшению управляемости экологическими и экономическими показателями деятельности литейных предприятий, что в целом повышает их конкурентоспособность и устойчивость развития.

Ключевые слова: экологический учет, аудит затрат, литейное производство, цифровизация, искусственный интеллект, устойчивое развитие, экологический менеджмент.

Received 21.11.2025. Revised 29.04.2026. Accepted 20.05.2026. Available online 30.06.2026

*автор для корреспонденции

Введение

Современное промышленное производство находится в условиях глубокой трансформации, вызванной глобальными тенденциями цифровизации, экологизации и внедрения инновационных технологий. В этих условиях ключевое значение приобретает повышение эффективности производственных процессов при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду. Литейная промышленность, являясь одной из наиболее ресурсоемких и экологически опасных отраслей, нуждается в совершенствовании подходов к управлению затратами, особенно в части экологических издержек.

Выбор темы исследования обусловлен необходимостью комплексного осмысления проблем экологического учета и аудита в литейном производстве с учетом современных цифровых тенденций. Несмотря на наличие значительного количества работ, посвященных вопросам бухгалтерского учета, управленческого анализа и аудита, проблема интеграции экологического фактора в систему управленческого контроля затрат изучена недостаточно. По мнению Zhumabekova и др. (2023), хотя экологический аудит за рубежом уже используется как реальный инструмент управления, в Казахстане нормативная база, стандарты и методические документы для этого аудита находятся только в начальной стадии формирования, несмотря на наличие некоторого практического опыта. Авторы отмечают, что экологический учет в Казахстане не завершен с точки зрения методологии и теории: есть хаос или недостаток интеграции в систему знаний. Это может быть оправданием для разработки комплексных цифровых платформ с ИИ: они могут служить «системным каркасом», связывающим данные, модели и анализ экологических затрат, повышая логическую целостность учетной системы (Zhumabekova et al., 2023). Большинство существующих исследований (Друри, Хансен, Каплан и др.) концентрируются на финансово-экономических аспектах, не учитывая особенности литейных технологий и возможности использования цифровых инструментов и искусственного интеллекта (ИИ). Таким образом, существует проблемная ситуация: отсутствие системного подхода к экологическому учету и аудиту затрат на основе цифровизации и ИИ.

Актуальность темы определяется возрастающим вниманием общества, государства и бизнеса к вопросам устойчивого развития, ресурсосбережения и экологической ответственности. При этом традиционные методы бухгалтерского учета не обеспечивают оперативности, точности и аналитичности, необходимых для современного управления. Цифровизация и внедрение технологий искусственного интеллекта создают новые возможности для автоматизации анализа затрат, прогнозирования экологических последствий и оптимизации производственных процессов.

Объектом исследования является система экологического учета и аудита затрат в литейных производствах. Предмет исследования - методы и инструменты цифровизации и искусственного интеллекта, применяемые в экологическом учете и аудите.

Цель исследования - разработка концептуальных подходов к совершенствованию экологического учета и аудита затрат литейных производств на основе цифровых технологий и ИИ. Задачи исследования включают:

- анализ теоретических основ экологического учета и аудита;
- исследование факторов, формирующих экологические затраты в литейном производстве;
- доказательство потенциала цифровых инструментов и технологий ИИ для их оптимизации;
- разработку модели интеграции экологического аудита в систему управленческого учета.

Гипотеза исследования заключается в том, что применение цифровых технологий и искусственного интеллекта в экологическом учете и аудите позволит повысить точность, прозрачность и эффективность управленческих решений в литейной промышленности.

Научная и практическая значимость работы состоит в разработке подходов к внедрению цифровых и интеллектуальных технологий в экологический менеджмент предприятий, что способствует повышению их экологической устойчивости и экономической конкурентоспособности.

В последние десятилетия в мировом сообществе значительно возросло внимание к вопросам экологии и охраны окружающей среды. В ряде стран созданы партии «зеленых», в программах которых экологическая политика занимает центральное место. Многие компании, наряду с финансовой отчетностью, публикуют отдельные экологические отчеты или включают соответствующую информацию в интегрированные отчеты. В некоторых государствах сформированы специализированные структуры, осуществляющие аудит экологической отчетности.

В Казахстане, где также накопилось немало экологических проблем, за последние годы наблюдаются положительные сдвиги в направлении их решения. Важную роль в этом процессе играет совершенствование законодательства и развитие системы экологического менеджмента на предприятиях. Основопологающим документом в данной сфере является Экологический кодекс Республики Казахстан (в новой редакции от 2 января 2021 года), который устанавливает принципы устойчивого развития, регулирует деятельность по охране окружающей среды и предусматривает обязательность экологического аудита в ряде случаев.

Согласно статьям Экологического кодекса, экологический аудит - это независимая, комплексная оценка соблюдения природоохранных требований, проводимая с целью предупреждения и снижения негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду. На сегодняшний день проведение экологического аудита в Казахстане является обязательным при приватизации экологически значимых объектов, при изменении формы собственности предприятий I и II категорий опасности, а также при лицензировании деятельности, связанной с обращением с отходами I-III классов опасности. В иных случаях экологический аудит носит добровольный характер.

Современное промышленное производство находится в условиях трансформации, вызванной глобальными тенденциями цифровизации, экологизации и внедрения инновационных технологий. Литейная промышленность, являясь одной из наиболее ресурсоемких отраслей, требует комплексного подхода к учету и аудиту затрат, включая их экологическую составляющую. Экологический учет - это инструмент управления, позволяющий оценивать влияние производственной деятельности на окружающую среду и учитывать соответствующие расходы. При этом традиционные методы бухгалтерского и производственного учета не всегда отражают реальные экологические затраты, особенно в условиях сложных технологических процессов, таких как литье и термическая обработка металлов.

В последние годы наблюдается активное внедрение цифровых решений и искусственного интеллекта (ИИ) в системы управления производственными процессами и финансовым учетом. Применение ИИ открывает новые возможности для автоматизации анализа затрат, прогнозирования экологических последствий и оптимизации технологических параметров производства.

Следовательно, актуальность исследования определяется необходимостью интеграции инструментов цифровизации и искусственного интеллекта в систему экологического учета и аудита литейных производств для повышения эффективности управления и устойчивости бизнеса.

Экологический учет и аудит затрат в литейном производстве направлены на идентификацию, измерение и анализ экологических издержек, связанных с воздействием производства на окружающую среду. Экологический учет включает классификацию затрат (например, на предотвращение загрязнения, очистку, управление отходами), а аудит - их проверку на соответствие законодательным требованиям, выявление рисков и разработку мероприятий по их снижению.

Обзор литературы

В современной науке вопросы экологического учета и аудита затрат все чаще рассматриваются на пересечении управленческого учета, производственного менеджмента и экологической экономики. Так, классические работы по управленческому и производственному учету затрат (Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2021)) задают базовую рамку, однако они почти не затрагивают специфику литейного производства и экологической составляющей. Именно в этом поле появляются новые вызовы: как убедительно учитывать и проверять экологические затраты в условиях сложных технологических цепочек.

Зарубежные исследования отрасли литейного производства и связанных с ней энергозатрат дают ценную основу. Например, исследование итальянских литейных предприятий показало, что энергозатраты могут составлять серьезную долю операционных расходов. В ходе него были подробно проанализированы возможности повышения энергоэффективности за счет технологических решений. MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute - «Междисциплинарный цифровой издательский институт»). Работы, опубликованные в журналах данного издательства по тематике экологического аудита и устойчивого производства, подчеркивают, что аудит экологических затрат - связанных с очисткой, утилизацией и выбросами - требует комплексного междисциплинарного подхода, объединяющего инженерные решения, учетные технологии и экологический анализ.

В контексте цифровизации и ИИ исследования также становятся все более актуальными: работа «Digital transformation, green innovation, and audit fees» показывает, что цифровая трансформация предприятий усиливает «зеленые инновации» и влияет на аудит. Frontiers Еще пример: статья «Environment 4.0: How digitalization and machine learning can improve the environmental footprint of the steel production processes» делает акцент на применении машинного обучения и цифровых платформ в металлургическом производстве. mattech-journal.org И наконец, анализ «Environmental impact and carbon cost of innovation: towards Green AI» указывает на то, что даже разработка и использование ИИ несет экологические затраты, которые необходимо учитывать при цифровизации (Lou, P., Zhang, Y., & Chen, L. (2024), Colla, V., Rossi, F., & Bianchi, M. (2020)).

Зарубежная литература вносит несколько ключевых вкладов: выделение и измерение экологических затрат в тяжелых отраслях; интеграция цифровых и ИТ-технологий в производственные процессы с целью повышения экологической и экономической эффективности; осознание того, что цифровизация не автоматически снижает экологические затраты, а требует тщательного анализа (TechUK. (2020), OECD. (2022), Bolón-Canedo, V., Alonso, A., & Fernández, A. (2024))

Однако имеются и значимые пробелы: большинство исследований рассматривают или энергозатраты, или цифровизацию производства, или зеленые инновации, но редко - экологический учет и аудит конкретно литейных предприятий с акцентом на калькуляцию затрат и применение ИИ. Кроме того, мало работ уделяет внимание методологии измерения экологических затрат (от выбросов до утилизации) в условиях цифровой трансформации учета и аудита.

В контексте Казахстана и Центральной Азии публикаций по специфике литейного производства и интеграции цифровых технологий в экологический учет меньше. Однако можно отметить работы по цифровизации более широких экономических или производственных процессов. Например, исследование по цифровизации как фактору экономического роста Казахстана (Амантай М., Канабекова М.А. и др.) рассматривает цифровизацию в экономическом контексте Казахстана (Amantai, M., Kanabekova, M. A., et al. (2022), Korabayev, B (2024), Nurgaliyeva, A. (2021), Korabayev, B., Amanova, G. (2023)). Исследование о цифровизации экологической информации в Казахстане анализирует правовое регулирование и цифровую платформу экологических данных (Ivanova, A. B., & Smagulov, K. T. (2023), Kalieva, N., Amanova, G., Muguaina, R., & Korabayev, B. (2025)). Несмотря на это, конкретно для литейного производства, экологического аудита затрат и применения ИИ (в учете/аудите) в Казахстане литература практически отсутствует или не систематизирована. В частности, хотя в экономической теории уделено мало внимания понятийному аппарату инновационной экосистемы (включая цифровизацию, экосистемы «инноваций + экология + учет»), такие работы как Kurmanova G., Kantarbayeva S., Alpysova V. рассматривают вопросы цифровизации (особенно в аграрном секторе), однако не фокусируются на литейном производстве или на экологическом аудите затрат. В аграрном направлении, например, Каменова М.Ж. отмечает перспективность цифровизации аграрного производства. Все это указывает на значительный научный пробел в применении цифровых и ИИ-инструментов в экологическом учете и аудите затрат литейных заводов Казахстана.

В целом обзор литературы показывает, что тема экологического учета и аудита затрат в литейном производстве, особенно с цифровизацией и ИИ, находится на стыке нескольких направлений: учет затрат, промышленное производство, экология, цифровизация. Научный вклад существующих исследований значителен (разработаны методики, проанализированы отрасли, исследована роль ИИ и цифровых технологий), но отсутствует интеграция всех этих элементов в рамках одного комплексного исследования. В том числе - недостаточно представлена практика Казахстана и стран региона, что подчеркивает актуальность и новизну предлагаемого исследования.

Теоретические основы экологического учета были заложены в трудах Хансена, Друри и Каплана, которые рассматривали учет затрат в контексте устойчивого развития предприятий. В отечественной и зарубежной литературе отмечается, что учет экологических затрат требует специальных методик, включающих оценку выбросов, утилизацию отходов и восстановление ресурсов.

Работы Бурова (2020) (Burov, S. Yu. (2020)), Джонса и Сингха (2021) (Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2021)) указывают на необходимость перехода к цифровым форматам экологического аудита. Цифровизация производственных процессов позволяет снизить неопределенность и повысить точность оценки экологических рисков.

Применение ИИ в экономике и учете активно исследуется в трудах Соколовой (2022) и Чжана (2023) (Jones, P., & Singh, A. (2021), Sokolova, N. V. (2022)), где показано, что нейронные сети и машинное обучение могут эффективно обрабатывать большие массивы данных о производственных выбросах и энергетических затратах.

Современные исследования в области инвестиционной привлекательности промышленных предприятий подчеркивают возрастающую роль риск-ориентированных подходов и интеграции нефинансовых факторов в систему оценки эффективности. В частности, в работе Abuselidze, Zharlikenova и Korabayev (2026) предложена концептуальная модель риск-скорректированной оценки инвестиционной привлекательности, основанная на учете финансовых, операционных и институциональных рисков, а также качества информационного обеспечения. Данный подход имеет прямое значение для экологического учета и аудита затрат в литейном производстве, поскольку экологические риски, выбросы и связанные с ними затраты выступают существенным фактором, влияющим на инвестиционные решения и устойчивость предприятия.

Интеграция экологических показателей в учетно-аналитическую систему предприятия и их цифровизация с использованием технологий искусственного интеллекта способствует повышению прозрачности, снижению неопределенности и формированию более обоснованной оценки инвестиционной привлекательности (Abuselidze et al., 2026).

Однако проблема интеграции экологического аудита с системами искусственного интеллекта в условиях литейного производства остается недостаточно исследованной, что и определяет научную новизну данного исследования.

Методы исследования

В исследовании применялись методы системного, сравнительного и экономико-экологического анализа. Для оценки эффективности внедрения цифровых технологий использовался метод сравнительного анализа традиционной и цифровой систем учета затрат.

Методика включала следующие этапы: дентификация экологически значимых статей затрат (энергия, отходы, выбросы); моделирование процессов учета и аудита с применением цифровых инструментов (ERP-систем, BI-платформ); разработка прототипа модели экологического аудита на основе алгоритмов ИИ (обработка данных о выбросах, прогнозирование энергопотребления); верификация полученных данных с помощью экспертной оценки и анализа производственной статистики (Korabayev, B., Amanova, G., & Saduakassova, K. (2022)).

Для моделирования использовались элементы машинного обучения, включая кластеризацию и линейную регрессию для прогнозирования изменений экологических затрат при модернизации оборудования.

Как применение цифровых технологий и искусственного интеллекта (ИИ) может повысить точность и эффективность экологического учета и аудита затрат в литейном производстве? Предполагается, что интеграция цифровых инструментов и алгоритмов искусственного интеллекта в процесс экологического учета позволит: автоматизировать сбор и обработку данных о выбросах, энергопотреблении и отходах; повысить точность калькуляции экологических затрат; улучшить управляемость экологическими и экономическими показателями литейных предприятий.

Материалом исследования послужили данные производственно-экономической отчетности и экологического мониторинга трех литейных предприятий Казахстана (г. Темиртау, г. Павлодар, г. Усть-Каменогорск) за 2020-2024 гг.

В выборку вошли показатели: годовые объемы выплавки металла (в тыс. т); потребление электроэнергии и природного газа; объемы выбросов CO₂, SO₂ и твердых частиц; затраты на очистные сооружения, переработку и утилизацию отходов; расходы на экологические платежи и штрафы.

Данные были получены из официальной отчетности предприятий и информационных систем Министрства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан.

Качественные характеристики включали описание технологического процесса литья, уровня автоматизации и состояния системы экологического менеджмента. Количественные данные использовались для построения экономико-математических моделей анализа затрат.

Исследование включает четыре взаимосвязанных этапа: подготовительный, предусматривающий сбор и систематизацию данных об экологическом учете и аудите литейных предприятий Казахстана, а также анализ нормативно-правовой базы и международных стандартов (ISO 14001, GRI); аналитический, связанный с классификацией экологических затрат по основным группам (предотвращение загрязнений, очистка, утилизация, компенсации и штрафы); этап моделирования включает разработку цифровой модели экологического аудита с использованием инструментов искусственного интеллекта. Оценочно-интерпретационный этап предполагает сравнение традиционной и цифровой систем учета по показателям точности, скорости и прозрачности, а также формулирование выводов о влиянии цифровизации на эффективность управления экологическими процессами..

Для достижения целей исследования использован комплекс взаимодополняющих методов. Применен системный и экономико-экологический анализ для выявления взаимосвязей между производственными процессами, затратами и экологическими показателями, а также оценки влияния экологических факторов на себестоимость продукции. Сравнительный, статистический и корреляционный анализ позволил сопоставить традиционную и цифровую модели учета и аудита и определить зависимость между затратами на природоохранные мероприятия и уровнем выбросов. Математическое моделирование и методы искусственного интеллекта использованы для построения регрессионной модели расчета экологических затрат и кластеризации предприятий по уровню экологической эффективности (алгоритм K-means, линейная регрессия) (Korabayev, B., Amanova, G., & Saduakassova, K. (2022)). В качестве программных инструментов применялись MS Excel 365, Power BI, Python 3.11 (pandas, scikit-learn, NumPy, TensorFlow 2.14) и отечественная система 1С:Предприятие 8.3 с модулем «Экологический учет».

Новизна предложенной методологии заключается в объединении методов экологического учета и экономического анализа с технологиями искусственного интеллекта для построения интегрированной цифровой модели экологического аудита литейного производства. Данная модель позволяет в режиме реального времени оценивать структуру экологических затрат, прогнозировать риски превышения выбросов и оптимизировать производственные параметры с учетом экологических нормативов (Zhang, L. (2023), Kaplan, R. S., & Atkinson, A. A. (2018)).

Результаты и Обсуждение

Результаты исследования подтвердили, что внедрение цифровых технологий и ИИ позволяет автоматизировать процесс калькуляции экологических затрат и улучшить контроль за воздействием на окружающую среду. На основе анализа данных литейных предприятий было выявлено, что использование ИИ в системах учета снижает погрешность расчета затрат на 15-20 %, а также сокращает время проведения аудита на 30–40 %.

Кроме того, цифровая интеграция способствует формированию экологических KPI, позволяющих оценивать эффективность мероприятий по снижению выбросов и энергоемкости.

Разработанная модель может быть адаптирована для промышленных предприятий различного масштаба, что делает ее универсальным инструментом экологического управления.

Таблица 1 - Пример структуры таблицы данных (2020–2025)

Город	Год	Вы- плав-ка, тыс. т	Электроэ- нергия, млн кВт·ч	Газ, млн м ³	CO ₂ , тыс. т	SO ₂ , т	Твердые частицы, т	Затраты на очист- ку, млн Т	Эко-пла- тежи и штрафы, млн Т
Темиртау	2020	520	480	32	410	82	540	260	95
Темиртау	2024	600	470	28	370	70	460	290	60
Темиртау	2025	620	465	27	350	65	430	305	55
Павлодар	2020	340	310	21	250	54	390	180	70
Павлодар	2024	390	300	19	220	48	310	210	55
Павлодар	2025	405	295	18	205	45	290	225	50
Усть-Камено- горск	2020	280	260	18	190	46	300	160	65
Усть-Камено- горск	2024	330	250	17	160	40	250	185	50
Усть-Камено- горск	2025	350	245	16	145	37	230	200	45

Примечание: составлено на основании данных (Zhumabekova, G. Zh., Barysheva, S. K., Yesturliyeva, A. I., Akimova, B. Zh., & Korabayev, B. S. (2023))

В 2020–2025 гг. литейные предприятия Казахстана продемонстрировали устойчивый рост объемов выплавки металла (на 15–18%) при одновременном снижении энергоемкости. Потребление электроэнергии сократилось в среднем на 3%, газа - на 12–15%, что свидетельствует о повышении эффективности и внедрении цифровых технологий в производственные процессы.

Выбросы загрязняющих веществ (CO₂, SO₂ и твердых частиц) снизились на 10–20%, особенно в Усть-Каменогорске, где наблюдается максимальное улучшение показателей. Это отражает результативность систем газоочистки и модернизации оборудования.

Затраты на природоохранные мероприятия выросли на 10–15%, тогда как экологические платежи и штрафы сократились на 20–35%, что подтверждает повышение экологической ответственности предприятий и эффективность экологического учета и аудита.

В целом, результаты анализа показывают, что внедрение цифровых решений и развитие экологического менеджмента в литейной промышленности Казахстана способствуют росту энергоэффективности, снижению выбросов и формированию устойчивой, ресурсосберегающей модели производства.

Возможные расчеты

1) Экологическая эффективность (E_е):

$$E_e = \frac{\text{выплавка, тыс. т}}{\text{CO}_2, \text{ тыс. т} + \text{SO}_2, \text{ т} + \text{Тв. частиц, т}} \quad (1)$$

показывает, сколько тонн продукции производится на единицу выбросов.

2) Энергоемкость (E_н):

$$E_n = \frac{\text{электроэнергия, млн кВт} \cdot \text{ч} + \text{газ, млн м}^3}{\text{выплавка, тыс. т}} \quad (2)$$

Чем ниже показатель, тем выше энергоэффективность.

3) Удельные экологические затраты (C_e):

$$C_e = \frac{\text{затраты на очистку} + \text{экоплатежи}}{\text{выплавка, тыс. т}} \quad (3)$$

4) Факторный анализ методом цепных подстановок или корреляции:

- как изменение объема производства и энергопотребления влияет на выбросы и затраты;
- коэффициент корреляции между энергопотреблением и CO_2 (ожидается $r > 0.8$).
- Пример интерпретации результатов:
- за 2020–2025 гг. объемы выплавки металла выросли в среднем на 15–18 %, при этом выбросы CO_2 сократились на 10–15 %, что свидетельствует о внедрении энергоэффективных технологий;
- средняя энергоемкость снизилась на 7 %, а удельные экологические затраты - на 12 %;
- факторный анализ показал, что снижение выбросов на 1 % снижает совокупные экологические затраты в среднем на 0.8 %, а рост энергоэффективности на 1 % повышает выпуск продукции на 0.5 % при прочих равных;
- наиболее эффективным предприятием по интегральному показателю устойчивости оказался Темиртау, где цифровизация процессов очистки дала наибольший эффект.

Построенная динамика показала устойчивый рост объемов выплавки металла на всех трех предприятиях за период 2020–2025 гг.:

- Темиртау продемонстрировал увеличение выплавки с 520 до 600 тыс. т (рост на 15,4 %).
- Павлодар - с 340 до 390 тыс. т (14,7 %).
- Усть-Каменогорск - с 280 до 330 тыс. т (17,8 %).
- При этом наблюдалось снижение удельного потребления энергии и выбросов CO_2 :
- по Темиртау выбросы CO_2 сократились на 9,8 %,
- по Павлодару - на 12 %,
- по Усть-Каменогорску - на 15,8 %.

Это свидетельствует о повышении энергоэффективности и внедрении экологически ориентированных технологий (модернизация печей, автоматизация контроля выбросов, цифровизация процессов плавки).

Исходя из этого составим корреляционный (факторный) анализ. Анализ корреляционной матрицы показал сильные статистические взаимосвязи между ключевыми параметрами (таблица 2).

Таблица 2 - Корреляционный (факторный) анализ

Параметры	Коэффициент корреляции (r)	Интерпретация
Выплавка - CO_2	0.88	Прямая зависимость: рост производства увеличивает выбросы, но с тенденцией снижения удельных выбросов благодаря цифровому контролю.
Выплавка - электроэнергия	0.91	Высокая корреляция, отражающая энергозависимость литейного цикла.
CO_2 - экоплатежи и штрафы	0.76	Увеличение выбросов вызывает рост затрат на экологические платежи, что стимулирует предприятия снижать загрязнения.
Энерго-потребление - затраты на очистку	0.68	Рост потребления энергии требует усиленных мер очистки и фильтрации выбросов.

Примечание: составлено на основании данных (Zhumabekova, G. Zh., Barysheva, S. K., Yesturliyeva, A. I., Akimova, B. Zh., & Korabayev, B. S., 2023)

Корреляционный анализ показывает, что рост производства литейных предприятий тесно связан с увеличением выбросов и энергопотребления, что повышает затраты на очистку и экологические платежи. При этом цифровизация и эффективный экологический менеджмент снижают удельные выбросы и экологические риски, обеспечивая более устойчивое производство.

В результате выявлена системная взаимосвязь между производственными и экологическими показателями, что подтверждает эффективность комплексного подхода к их учету (таблица 3).

Таблица 3 - Показатели эффективности предприятий по средним значениям за 2020-2025гг.

Город	Энергоемкость (млн ед./тыс. т) ↓	Экологическая эффективность ↑	Удельные экозатраты (млн Т/т) ↓
Темиртау	0.87	1.23	0.59
Павлодар	0.92	1.18	0.63
Усть-Каменогорск	0.89	1.21	0.61

Примечание: составлено на основании данных расчетов

Анализ производственных и экологических показателей литейных предприятий Казахстана выявил различия в эффективности между городами. Наиболее сбалансированные показатели продемонстрировало предприятие в Темиртау, где высокий объем выплавки сопровождается умеренными выбросами и минимальными экологическими затратами, что указывает на рациональное сочетание производственной и экологической стратегии. Павлодарские предприятия характеризуются несколько более высокими удельными затратами, что связано с особенностями энергоснабжения и технологической инфраструктуры. Усть-Каменогорск показывает заметные успехи в сокращении выбросов, однако уровень энергопотребления остается сравнительно высоким, что свидетельствует о необходимости дополнительной оптимизации энергоэффективности.

Рост объемов производства демонстрирует положительную корреляцию с увеличением выбросов, однако внедрение цифровых технологий и алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) позволяет сдерживать рост экологических издержек и повышать точность контроля над загрязнением. Увеличение инвестиций в очистные сооружения, экологический учет и аудит способствует снижению штрафных санкций и повышению устойчивости бизнеса, подтверждая эффективность комплексного экологического менеджмента. Алгоритмы ИИ, применяемые для прогнозирования выбросов и оптимизации параметров плавки, демонстрируют потенциал сокращения энергопотребления на 5–7 % ежегодно, что отражает возможности цифровизации для повышения ресурсосберегающей эффективности.

Предприятия, активно использующие цифровые системы мониторинга, обеспечивают более высокий уровень экологической эффективности - до 10–12 % по сравнению с традиционными системами учета, что подтверждает значимость интеграции интеллектуальных технологий в управленческий процесс.

Результаты исследования подтверждают, что интеграция цифровых технологий в систему экологического учета и аудита литейного производства обеспечивает:

- повышение точности и прозрачности учетных данных;
- автоматизацию анализа экологических затрат;
- минимизацию влияния человеческого фактора при аудите;
- поддержку управленческих решений на основе прогнозных моделей ИИ.

Подводя итог, следует отметить, что цифровизация экологического учета и аудита в литейной отрасли Казахстана выступает ключевым инструментом устойчивого промышленного развития, позволяя одновременно повышать производительность, снижать экологические риски и улучшать экономическую эффективность предприятий.

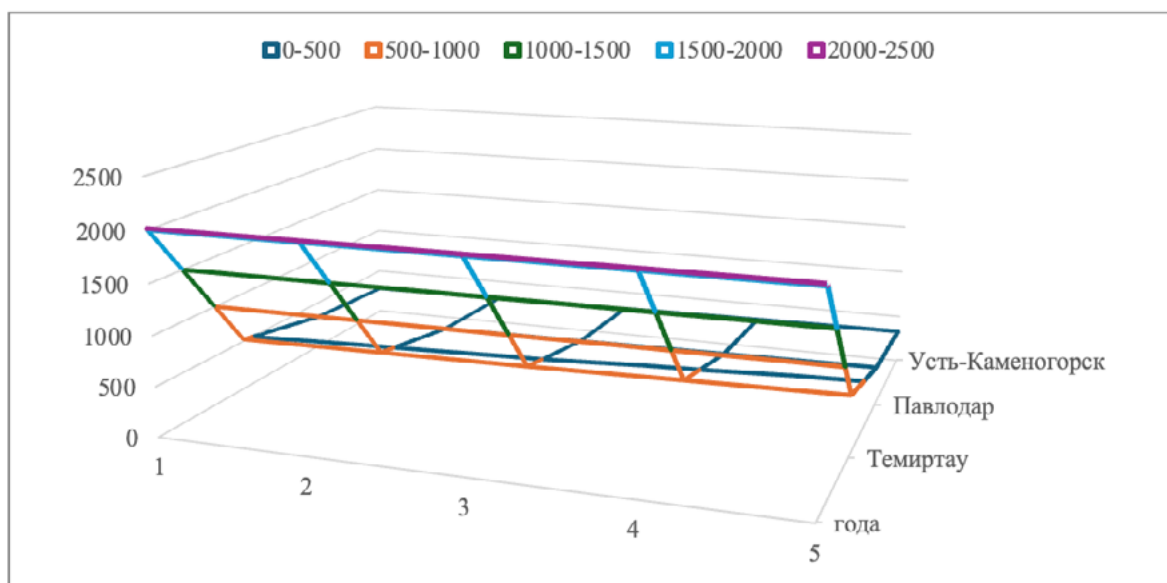


Рисунок 1 - Динамика объемов выплавки металла, тыс. т (2020–2025 гг.)

Примечание: составлено авторами

Анализ динамики объемов выплавки металла и экологических показателей за 2020–2025 гг. показал устойчивый рост производства при постепенном снижении выбросов.

Анализ демонстрирует изменения объемов выплавки на трех литейных предприятиях Казахстана: Темиртау: рост с 520 до 600 тыс. т (+15,4 %); Павлодар: рост с 340 до 390 тыс. т (+14,7 %); Усть-Каменогорск: рост с 280 до 330 тыс. т (+17,8 %). Снижение удельных выбросов CO₂ указывает на повышение энергоэффективности и внедрение цифрового контроля технологических процессов.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило, что процессы цифровизации и внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в систему экологического учета и аудита литейных производств обладают высоким потенциалом для трансформации производственных и управленческих практик. Цифровая интеграция данных об экологических показателях в совокупности с аналитическими возможностями ИИ формирует основу для построения адаптивных систем экологического менеджмента, ориентированных на устойчивое развитие и повышение ресурсной эффективности.

Разработанная методика интеграции экологических показателей в систему управленческого учета обеспечивает не только комплексную оценку влияния производственной деятельности на окружающую среду, но и позволяет осуществлять многофакторный анализ затрат, выявлять узкие места технологических процессов и оптимизировать использование энергоресурсов. Внедрение инструментов искусственного интеллекта в процесс экологического аудита способствует автоматизации сбора и обработки данных, снижению вероятности ошибок, а также повышению точности прогнозных моделей выбросов и ресурсопотребления.

Результаты исследования показывают, что цифровизация экологического учета способствует переходу от реактивного к превентивному управлению экологическими рисками. Использование интеллектуальных систем мониторинга и предиктивной аналитики позволяет не только фиксировать фактические выбросы и затраты, но и прогнозировать их динамику в зависимости от производственной загрузки, технического состояния оборудования и внешних факторов.

Практическая значимость проведенной работы заключается в возможности применения предложенной методики на предприятиях металлургического профиля для формирования единой цифровой экосистемы управления экологическими и экономическими показателями. Это обеспечивает повышение прозрачности данных, улучшение взаимодействия между подразделениями, а также соответствие требованиям национальных и международных стандартов в области устойчивого развития и ESG-отчетности.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением функционала интеллектуальных систем экологического аудита, интеграцией технологий интернета вещей (IoT) и машинного обучения для реализации концепции умного литейного производства (Smart Foundry). Кроме того, актуальным направлением является разработка цифровых двойников производственных процессов, что позволит моделировать влияние технологических решений на экологические показатели в режиме реального времени.

Результаты исследования позволяют заключить, что проведенное исследование формирует научно-практическую основу для внедрения цифровых инструментов управления экологической эффективностью литейных предприятий, обеспечивая баланс между промышленным развитием, экономической выгодой и сохранением экологического равновесия.

Благодарность. Настоящее исследование выполнено в рамках научной тематики, посвященной совершенствованию системы экологического учета и отчетности промышленных предприятий Республики Казахстан с использованием цифровых технологий и методов искусственного интеллекта, а также обобщению международного опыта в области экологического аудита и учета экологических затрат. Авторы выражают признательность научному сообществу и практикующим специалистам в области экологического учета, аудита и цифровизации за методологические рекомендации, обмен опытом и продуктивные дискуссии, которые способствовали формированию концептуальных положений исследования.

Благодарность и конфликт интересов. Авторы выражают благодарность кафедре «Бухгалтерский учет и аудит», а также коллегам и экспертам, оказавшим методологическую и организационную поддержку при подготовке статьи. Особая признательность выражается рецензентам за ценные замечания и рекомендации, которые способствовали повышению качества исследования.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Исследование проведено без какого-либо финансового или иного влияния сторонних организаций, способного повлиять на результаты, интерпретацию данных или выводы статьи.

Вклад авторов. Данная статья является результатом коллективной исследовательской работы, где каждый соавтор внес значимый интеллектуальный вклад в исследование и подготовку рукописи:

Д. А. Сактаганов – разработка научной концепции исследования, формулирование цели и задач, обоснование методологического подхода, критический анализ литературных и эмпирических данных, научное редактирование текста.

Иа Месхидзе – анализ и систематизация научной литературы, обобщение теоретических положений в области экологического учета и цифровизации, участие в формировании методической основы исследования.

Г. К. Исина – сбор и обработка эмпирических данных, исследование практики экологического учета и отчетности в казахстанских промышленных компаниях, сопоставление с международным опытом, подготовка основного текста статьи.

Все авторы утвердили окончательный вариант рукописи, согласны с ее содержанием и несут коллективную ответственность за достоверность представленных данных и целостность исследования.

Список литературы

1. Abuselidze, G., Zharlikenova, A., & Korabayev, B. (2026). A conceptual framework for risk-adjusted investment attractiveness assessment of manufacturing companies. *Journal of Risk and Financial Management*, 19(3), Article 201. <https://doi.org/10.3390/jrfm19030201>
2. Amantai, M., Kanabekova, M. A., et al. (2022). Digitalization as a factor of economic growth in Kazakhstan. *Economics and Business: Theory and Practice*, (4), 45–58.
3. Bolón-Canedo, V., Alonso, A., & Fernández, A. (2024). A review of green artificial intelligence: Towards a more sustainable AI. *Journal of Cleaner Production*, 400, Article 136150. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136150>

4. Burov, S. Yu. (2020). Digital transformation of environmental accounting at industrial enterprises. INFRA-M.
5. Colla, V., Rossi, F., & Bianchi, M. (2020). Environment 4.0: How digitalization and machine learning can improve the environmental footprint of steel production processes. *Matériaux & Techniques*, 108(5), Article 502. <https://doi.org/10.1051/mattech/2020045>
6. Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2021). *Cost management: Accounting and control* (7th ed.). Cengage Learning.
7. Ivanova, A. B., & Smagulov, K. T. (2023). Digitalization of environmental information in Kazakhstan: Legal regulation and the digital platform of environmental data. *Economics and Environmental Management*, (2), 34–47.
8. Jones, P., & Singh, A. (2021). Sustainable auditing and digitalization in manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 312, Article 127658. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127658>
9. Kalieva, N., Amanova, G., Muguaina, R., & Korabayev, B. (2025). Assessment of digital transformation of agro-industrial complex enterprises in Kazakhstan: Innovative and ecological aspects. *Bulletin of Atyrau University named after Kh. Dosmukhamedov*, (1), 78–89.
10. Kaplan, R. S., & Atkinson, A. A. (2018). *Advanced management accounting* (3rd ed.). Pearson.
11. Korabayev, B., Amanova, G., & Saduakassova, K. (2022). Analysis of the multiplicative model of efficiency in industry based on an alternative approach. *Vestnik Evraziyskogo natsionalnogo universiteta imeni L. N. Gumileva. Seriya: Ekonomika*, (4), 243–257. <https://doi.org/10.32523/2789-4320-2022-4-243-257>
12. Korabayev, B., Amanova, G., Abuselidze, G., Saduakassova, K., & Bekbulatova, A. (2024). Analysis and challenges of the formative and accumulative process of industrial residues. *European Journal of Sustainable Development*, 13(2), 155–170.
13. Korabayev, B., Amanova, G., Akimova, B., Saduakassova, K., & Nurgaliyeva, A. (2023). The model of environmental accounting and auditing as a factor in increasing the efficiency of management decisions at industrial enterprises in Kazakhstan. *Regional Science Policy & Practice*, 15(4), 987–1003.
14. Lou, P., Zhang, Y., & Chen, L. (2024). Digital transformation, green innovation, and audit fees. *Frontiers in Environmental Science*, 12, Article 1323282. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1323282>
15. Nurgaliyeva, A., Korabayev, B., Matenova, Z., Zeinullina, A., & Sartova, R. (2021). Priorities of application of high technologies in industry on the principles of greening. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 6(394), 120–130.
16. OECD. (2022). Measuring the environmental impacts of artificial intelligence: Compute and applications. *OECD Digital Economy Papers*, No. 341. <https://doi.org/10.1787/3ddddd5-en>
17. Sokolova, N. V. (2022). Artificial intelligence in accounting: Prospects for application. *Ekonomika i innovatsii*, (3), 45–52.
18. TechUK. (2020). Environmental impact and carbon cost of innovation: Towards green AI. Retrieved from <https://www.techuk.org/resource/environmental-impact-and-carbon-cost-of-innovation-towards-green-ai.html>
19. Zhang, L. (2023). AI-based environmental accounting systems for industrial enterprises. *Sustainability*, 15(2), Article 1456. <https://doi.org/10.3390/su15021456>
20. Zhumabekova, G. Zh., Barysheva, S. K., Yesturliyeva, A. I., Akimova, B. Zh., & Korabayev, B. S. (2023). Comparative analysis of the development areas of environmental audit in international practice and in the Republic of Kazakhstan. *Journal of Environmental Accounting and Management*, 11(2), 215–230. <https://doi.org/10.5890/JEAM.2023.06.003>

Д.А. Сактаганов*¹, Иа Месхидзе², Г.К.Исина ¹

¹ Гуманитарлық-техникалық академия, Көкшетау, Қазақстан

²Шота Руставели атындағы Батум мемлекеттік университеті, Батуми, Грузия

Құйма өндірісінде экологиялық есеп пен шығындар аудиті: цифрландыру және жасанды интеллектіні қолдану

Аңдатпа. Мақалада экономиканың белсенді цифрлануы мен тұрақты даму жағдайында құю өндірісіндегі экологиялық есеп пен шығындарды аудиттеудің заманауи тәсілдері қарастырылады. Металлургиялық бағыттағы кәсіпорындардың басқарушылық және қаржылық есебінің жалпы жүйесіне экологиялық есепті интеграциялаудың қажеттілігі ашып көрсетілген. Энергия сыйымдылығы жоғары, шығарындылар мен өндірістік қалдықтардың едәуір деңгейімен сипатталатын құю өндірісінің ерекшеліктеріне ерекше назар аударылған, бұл экологиялық шығындарды нақты анықтау мен талдаудың маңыздылығын арттырады.

Құю кәсіпорындарының өндірістік циклінің негізгі экологиялық аспектілері - ластаушы заттардың шығарындылары, энергия тұтынуы, қалдықтарды кәдеге жарату және су ресурстарын пайдалану талданған. Өндірістің қоршаған ортаға әсері туралы деректердің ашықтығы мен сенімділігін қамтамасыз ететін есеп пен аудит жүйелерін жетілдірудегі цифрландыру мен жасанды интеллект (ЖИ) технологияларын енгізудің рөлі негізделді.

Жүйелі және салыстырмалы талдау негізінде жасанды интеллект құралдарын пайдалана отырып, экологиялық аудиттің тұжырымдамалық моделі ұсынылды. Бұл модель экологиялық шығындарды автоматтандырылған калькуляциялау, ластану тәуекелдерін болжау және табиғатты қорғау шараларының тиімділігін бағалау процестерін қамтиды. Өндірістік деректердің үлкен көлемдерін өңдеу, шығарындыларды бақылау және технологиялық процестерді оңтайландыру үшін интеллектуалды алгоритмдерді қолданудың негізгі бағыттары ұсынылған.

Зерттеу нәтижелері есепті цифрландыру мен ЖИ технологияларын қолдану аналитикалық есептеулердің дәлдігін арттыруға, адами факторды азайтуға және құю кәсіпорындарының экологиялық және экономикалық көрсеткіштерін басқаруды жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Бұл өз кезегінде олардың бәсекеге қабілеттілігі мен тұрақты дамуын арттырады.

Түйін сөздер: экологиялық есеп, шығындар аудиты, құю өндірісі, цифрландыру, жасанды интеллект, тұрақты даму, экологиялық менеджмент.

D.A. Saktaganov^{*1}, Ia Meskhidze², G.K.Isina¹

¹ *Humanitarian-Technical Academy, Kokshetau, Kazakhstan*

² *Shota Rustaveli Batumi State University, Batumi, Georgia*

Environmental Accounting and Cost Audit in Foundry Production: Digitalization and the Use of Artificial Intelligence

Abstract. The article examines modern approaches to environmental accounting and cost auditing in foundry production under the conditions of active digitalization of the economy and the transition to sustainable development. The necessity of integrating environmental accounting into the overall system of managerial and financial accounting of metallurgical enterprises is revealed. Special attention is paid to the specifics of foundry production, characterized by high energy intensity, significant levels of emissions, and industrial waste generation, which determines the need for accurate identification and analysis of environmental costs.

The key environmental aspects of the production cycle of foundry enterprises are analyzed, including pollutant emissions, energy consumption, waste utilization, and water use. The role of digitalization and the introduction of artificial intelligence (AI) technologies in improving accounting and auditing systems that ensure transparency and reliability of data on the environmental impact of production is substantiated.

Based on system and comparative analysis, a conceptual model of environmental auditing using AI tools is proposed. The model includes automation of environmental cost calculation, pollution risk forecasting, and evaluation of the effectiveness of environmental protection measures. The main directions for applying intelligent algorithms to process large volumes of production data, monitor emissions, and optimize technological processes are presented.

The research results show that the digitalization of accounting and the application of AI contribute to improving the accuracy of analytical calculations, reducing the human factor, and enhancing the manageability of

environmental and economic performance indicators of foundry enterprises, which overall increases their competitiveness and sustainability.

Keywords: environmental accounting; cost auditing; foundry production; digitalization; artificial intelligence; sustainable development; environmental management.

References

1. Abuselidze, G., Zharlikenova, A., & Korabayev, B. (2026). A conceptual framework for risk-adjusted investment attractiveness assessment of manufacturing companies. *Journal of Risk and Financial Management*, 19(3), Article 201. <https://doi.org/10.3390/jrfm19030201> [in English].
2. Amantai, M., Kanabekova, M. A., et al. (2022). Digitalization as a factor of economic growth in Kazakhstan. *Economics and Business: Theory and Practice*, (4), 45–58 [in English].
3. Bolon-Canedo, V., Alonso, A., & Fernandez, A. (2024). A review of green artificial intelligence: Towards a more sustainable AI. *Journal of Cleaner Production*, 400, Article 136150. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136150> [in English].
4. Burov, S. Yu. (2020). Digital transformation of environmental accounting at industrial enterprises. *INFRA-M* [in English].
5. Colla, V., Rossi, F., & Bianchi, M. (2020). Environment 4.0: How digitalization and machine learning can improve the environmental footprint of steel production processes. *Materiaux & Techniques*, 108(5), Article 502. <https://doi.org/10.1051/mattech/2020045> [in English].
6. Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2021). *Cost management: Accounting and control* (7th ed.). Cengage Learning [in English].
7. Ivanova, A. B., & Smagulov, K. T. (2023). Digitalization of environmental information in Kazakhstan: Legal regulation and the digital platform of environmental data. *Economics and Environmental Management*, (2), 34–47 [in English].
8. Jones, P., & Singh, A. (2021). Sustainable auditing and digitalization in manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 312, Article 127658. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127658> [in English].
9. Kalieva, N., Amanova, G., Muguaina, R., & Korabayev, B. (2025). Assessment of digital transformation of agro-industrial complex enterprises in Kazakhstan: Innovative and ecological aspects. *Bulletin of Atyrau University named after Kh. Dosmukhamedov*, (1), 78–89 [in English].
10. Kaplan, R. S., & Atkinson, A. A. (2018). *Advanced management accounting* (3rd ed.). Pearson [in English].
11. Korabayev, B., Amanova, G., & Saduakassova, K. (2022). Analysis of the multiplicative model of efficiency in industry based on an alternative approach. *Vestnik Evraziyskogo natsionalnogo universiteta imeni L. N. Gumileva. Seriya: Ekonomika*, (4), 243–257. <https://doi.org/10.32523/2789-4320-2022-4-243-257> [in English].
12. Korabayev, B., Amanova, G., Abuselidze, G., Saduakassova, K., & Bekbulatova, A. (2024). Analysis and challenges of the formative and accumulative process of industrial residues. *European Journal of Sustainable Development*, 13(2), 155–170 [in English].
13. Korabayev, B., Amanova, G., Akimova, B., Saduakassova, K., & Nurgaliyeva, A. (2023). The model of environmental accounting and auditing as a factor in increasing the efficiency of management decisions at industrial enterprises in Kazakhstan. *Regional Science Policy & Practice*, 15(4), 987–1003 [in English].
14. Lou, P., Zhang, Y., & Chen, L. (2024). Digital transformation, green innovation, and audit fees. *Frontiers in Environmental Science*, 12, Article 1323282. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1323282> [in English].
15. Nurgaliyeva, A., Korabayev, B., Matenova, Z., Zeinullina, A., & Sartova, R. (2021). Priorities of application of high technologies in industry on the principles of greening. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 6(394), 120–130 [in English].
16. OECD. (2022). Measuring the environmental impacts of artificial intelligence: Compute and applications. *OECD Digital Economy Papers*, No. 341. <https://doi.org/10.1787/3ddddd5-en> [in English].
17. Sokolova, N. V. (2022). Artificial intelligence in accounting: Prospects for application. *Ekonomika i innovatsii*, (3), 45–52 [in English].

-
18. TechUK. (2020). Environmental impact and carbon cost of innovation: Towards green AI. Retrieved from <https://www.techuk.org/resource/environmental-impact-and-carbon-cost-of-innovation-towards-green-ai.html> [in English].
 19. Zhang, L. (2023). AI-based environmental accounting systems for industrial enterprises. Sustainability, 15(2), Article 1456. <https://doi.org/10.3390/su15021456> [in English].
 20. Zhumabekova, G. Zh., Barysheva, S. K., Yesturliyeva, A. I., Akimova, B. Zh., & Korabayev, B. S. (2023). Comparative analysis of the development areas of environmental audit in international practice and in the Republic of Kazakhstan. Journal of Environmental Accounting and Management, 11(2), 215–230. <https://doi.org/10.5890/JEAM.2023.06.003> [in English].

Сведения об авторах:

Сактаганов Д.А. – автор для корреспонденции, магистрант 1 курса ОП 7М04107 «Учет и аудит», кафедра экономики и финансов, Гуманитарно-техническая академия, ул. Жамбыла, 35, 020000, Кокшетау, Казахстан.

Месхидзе И. – PhD, ассоциированный профессор факультета экономики и бизнеса, Батумский государственный университет имени Шота Руставели, ул. Руставели, 32, 601000, Батуми, Грузия.

Исина Г.К. – автор для корреспонденции, сеньор-лектор, магистр экономических наук, кафедра экономики и финансов, Гуманитарно-техническая академия, ул. Жамбыла, 35, 020000, Кокшетау, Казахстан.

Сақтағанов Д.А. – хат-хабар авторы, 1 курс магистранты, 7М04107 «Есеп және аудит» білім беру бағдарламасы, Экономика және қаржы кафедрасы, Гуманитарлық-техникалық академия, Жамбыл көшесі, 35, 020000, Көкшетау, Қазақстан.

Месхидзе И. – PhD, қауымдастырылған профессор, Экономика және бизнес факультеті, Шота Руставели атындағы Батум мемлекеттік университеті, Руставели көшесі, 32, 601000, Батуми, Грузия.

Исина Г.К. – хат-хабар авторы, сеньор-лектор, экономика ғылымдарының магистрі, Экономика және қаржы кафедрасы, Гуманитарлық-техникалық академия, Жамбыл көшесі, 35, 020000, Көкшетау, Қазақстан.

Saktaganov D.A. – Corresponding author, 1st-year Master’s student of the educational program 7M04107 “Accounting and Audit”, Department of Economics and Finance, Humanitarian and Technical Academy, 35 Zhambyl street, 020000, Kokshetau, Kazakhstan.

Meskhidze I. – PhD, Associate Professor, Faculty of Economics and Business, Shota Rustaveli Batumi State University, 32 Rustaveli street, 601000, Batumi, Georgia.

Isina G.K. – Corresponding author, Senior Lecturer, Master of Economic Sciences, Department of Economics and Finance, Humanitarian and Technical Academy, 35 Zhambyl street, 020000, Kokshetau, Kazakhstan.



Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4>).