Электронный архив УГЛТУ

Научная статья
УДК 630*63:004.9

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ: ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ЛЕСА НА ООО «ПЦБК»

Марина Владимировна Иванова[1], Ева Владимировна Хотяновская[2], Анна Анатольевна Супрун[3]
[1–3] Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия
[1] Permtrenerivanova@yandex.ru
[2] khotyanovskaya.eva@bk.ru
[3] suprun.docs@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению вопросов, связанных с внедрением цифровых двойников в лесопромышленные отрасли. Авторы исследуют технологию цифрового двойника Пермской целлюлозно-бумажной компании, характеризуют технические компоненты и их функции. Проведен анализ результатов внедрения ЦДЛ на ПЦБК. Сформулированы выводы о возможностях и эффективности использования ЦДЛ на предприятиях.

Ключевые слова: цифровой двойник леса, лесная отрасль, цифровизация, инновационные технологии, ПЦБК

Для цитирования: Иванова М. В., Хотяновская Е. В., Супрун А. А. Цифровизация в лесной отрасли: внедрение цифровых двойников леса на ООО «ПЦБК» // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 504–511.

Original article

DIGITALIZATION IN THE FOREST INDUSTRY: IMPLEMENTATION OF DIGITAL FOREST TWINS AT “PPPC” LLC

Marina V. Ivanova[1], Eva V. Khotyanovskaya[2], Anna A. Suprun[3]
[1–3] Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia
[1] Permtrenerivanova@yandex.ru
[2] khotyanovskaya.eva@bk.ru
[3] suprun.docs@mail.ru

© Иванова М. В., Хотяновская Е. В., Супрун А. А., 2026

Электронный архив УГЛТУ

Abstract. The article is devoted to the consideration of issues related to the introduction of digital twins in the forest industry. The authors research the technology of the digital twin of the Perm Pulp and Paper Company, characterize the technical components, their functions. The results of the implementation of the digital forest twin at “PPPC” are analyzed. Conclusions are drawn regarding the potential and effectiveness of digital forest twin use at enterprises.

Keywords: digital forest twin, forest industry, digitalization, innovative technologies, PPPC

For citation: Ivanova M. V., Khotyanovskaya E. V., Suprun A. A. (2026) Cifrovizaciya v lesnoj otrasli: vnedrenie cifrovyx dvojnikov lesa na OOO «PCBK». [Digitalization in the forest industry: implementation of digital forest twins at “PPPC”]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : materials of the XVII International Scien-tific and Technical Conference]. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 504–511. (In Russ).

Лесная отрасль Пермского края занимает значительную долю в структуре региональной экономики, так же как Пермский край является одним из регионов России с самой крупной лесопромышленностью, одним из лидеров по объему переработки древесины. Леса занимают более 70 % территории Пермского края, при этом «общая площадь, на которых расположены леса, составляет 12,4 млн га» [1]. Фактическая лесозаготовка в регионе в среднем превышает 8 млн м^3 в год (рис. 1.), что указывает как на внушительный масштаб базы сырья, так и на безусловную нагрузку на системы оперативного учета и управления лесными фондами.

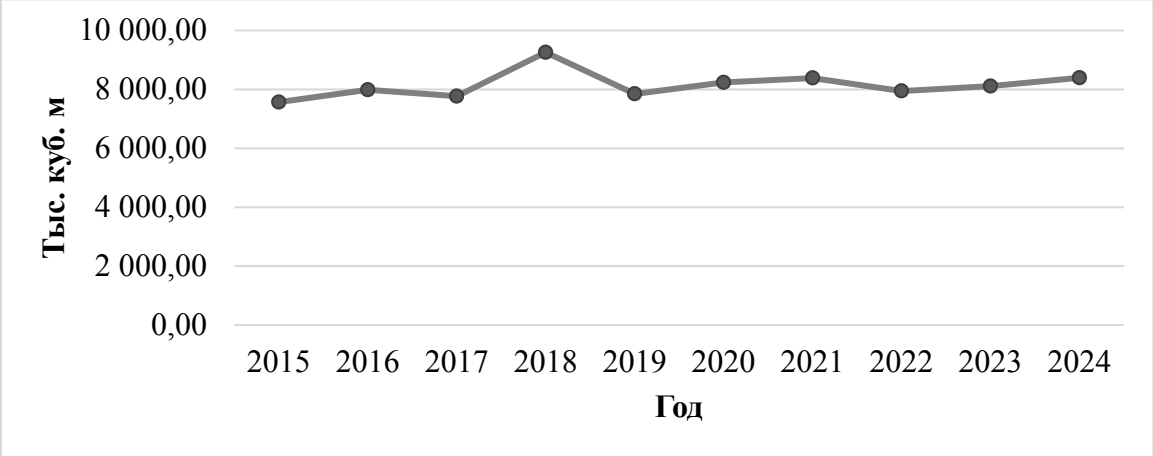

Рис. 1. Динамика объемов заготовленной древесины в Пермском крае, тыс. м^3
Составлено авторами на основе источника [2]

Электронный архив УГЛТУ

Лесозаготовительная активность в целом по территории России продолжает расти с каждым последующим кварталом. Так, с января по апрель 2024 г. в Пермском крае наблюдался рост заготовки лиственных лесоматериалов на 52 % (год к году), при этом аналитиками отмечалось, что «хотя объемы лесозаготовки постепенно наращиваются, предприятия все же не успевают удовлетворить текущий спрос» [3]. Таким образом, очевидно, наблюдается возрастающая потребность в более точных и оперативных методах учета лесных ресурсов, использовании масштабируемых и мощных инструментов. В таких условиях появляется необходимость внедрения цифровых технологий и связанных с ними решений для эффективного управления лесами.

Целью данного исследования является проведение обзора основополагающих технологий, связанных с созданием и внедрением в производство цифрового двойника леса на примере Пермской целлюлозно-бумажной компании.

В настоящем исследовании авторы осуществили анализ публикаций, статей, отчетов в области цифровых двойников леса, провели обзор их технических характеристик, проанализировали опыт внедрения ЦДЛ на примере предприятия ПЦБК, оценили результаты и эффективность внедрения ЦДЛ на данном предприятии.

Объектом исследования являются лесные ресурсы (фонды) и процессы их управления. В качестве предмета выступает ЦДЛ.

Цифровой двойник леса

С каждым годом все больше как российских, так и зарубежных предприятий лесного сектора внедряют цифровые двойники леса (далее ЦДЛ), представляющие собой цифровые платформы, интегрирующие пространственные данные и модели аналитического учета с целью оперативного и стратегического управления лесными фондами. Цифровой двойник – это созданная в виртуальной среде динамическая модель реального объекта или природной системы, которая отражает их поведение, свойства и изменения в режиме, приближенном к реальному времени [4–6].

Примером внедрения передовых цифровых технологий в природоориентированную отрасль, а именно применения ЦДЛ на практике в России, является предприятие, расположенное на территории Пермского края – Пермская целлюлозно-бумажная компания (далее ПЦБК). ПЦБК занимает лидирующее место среди предприятий гофроупаковочной отрасли в России, осуществляет полную производственно-технологическую цепочку от переработки сырья, в том числе вторичной переработки использованной заказчиками продукции собственного производства, изготовления полуфабриката до выпуска и реализации продукции [7]. В качестве сырья на предприятии используется древесина (березовый баланс) и макулатура. Внедренная инновационная технология на предприятии является системой,

Электронный архив УГЛТУ

объединяющей в себе ряд передовых технологий, которые в совокупности обеспечивают весь процесс управления лесными ресурсами – от дистанционного мониторинга и оценки состояния древостоев до планирования заготовки, логистики и восстановления лесов. На рис. 2. представлена структура цифрового двойника леса ПЦБК, которая отражает ключевые технологии, их функции и взаимосвязи в рамках единой технологической среды.

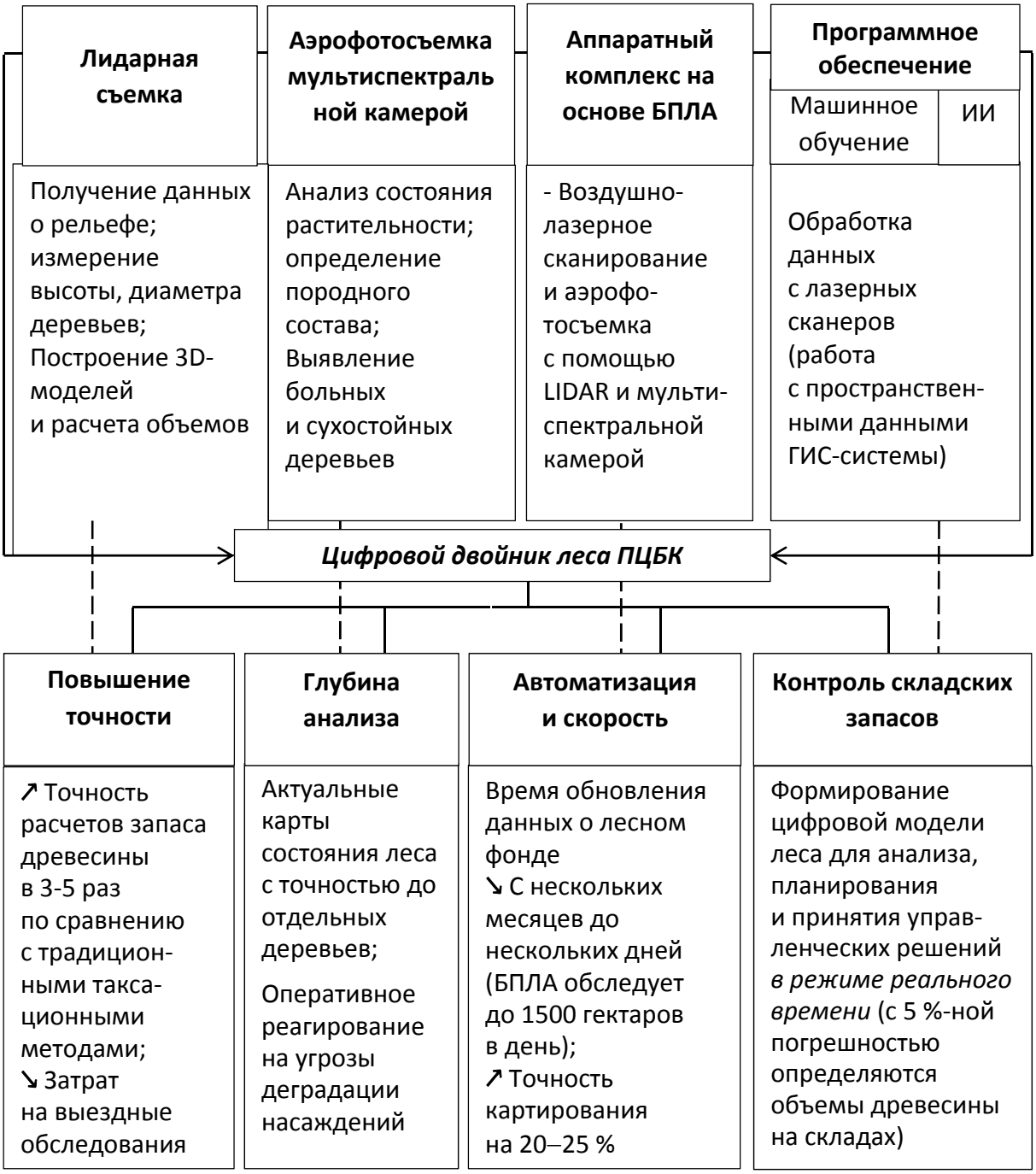

Рис. 2. Цифровой двойник ПЦБК: структура и функции
(Составлено авторами на основе [8, 9])

Электронный архив УГЛТУ

ЦДЛ, используемый на ПЦБК, является комплексной виртуальной моделью, которая собирает в себе данные о лесных ресурсах (фонде) и процессах, происходящих на территории леса. Интегрировать данные позволяет система цифровых технологий, состоящая из таких элементов, как лидарная съемка, аэрофотосъемка мультиспектральной камерой, аппаратный комплекс на основе БПЛА и программное обеспечение.

Важную роль в создании ЦДЛ играет съемка, осуществленная с помощью LIDAR, за счет своих характеристик и возможностей она позволяет отслеживать все изменения, происходящие на территории лесного фонда и моделировать вертикальные структуры. Аэрофотосъемка мультиспектральной камерой дополняет данные, полученные лидером, путем предоставления информации о состоянии лесных ресурсов и биохимическом составе растительности. Так, для оперативного сбора данных больших по площади или труднодоступных территорий леса, используют аппаратный комплекс БПЛА, позволяющий получать актуальные данные за короткий срок времени. Программное обеспечение интегрирует и анализирует полученные данные, моделирует их в пространстве (с учетом изменения во времени) с трехмерным представлением, формируя целостную цифровую модель леса.

Каждый из рассмотренных элементов отвечает за ряд определенных функций, наличие которых необходимо для создания и внедрения ЦДЛ в работу предприятия.

В ходе изучения результатов внедрения технологии ЦДЛ на ПЦБК для оценки эффективности ее применения были найдены официальные статистические данные, которые наглядно показывают разницу традиционных методов учета лесных ресурсов и потенциала цифровых технологий на основе сопоставления результатов регистрации объема древесины (рис. 3.).

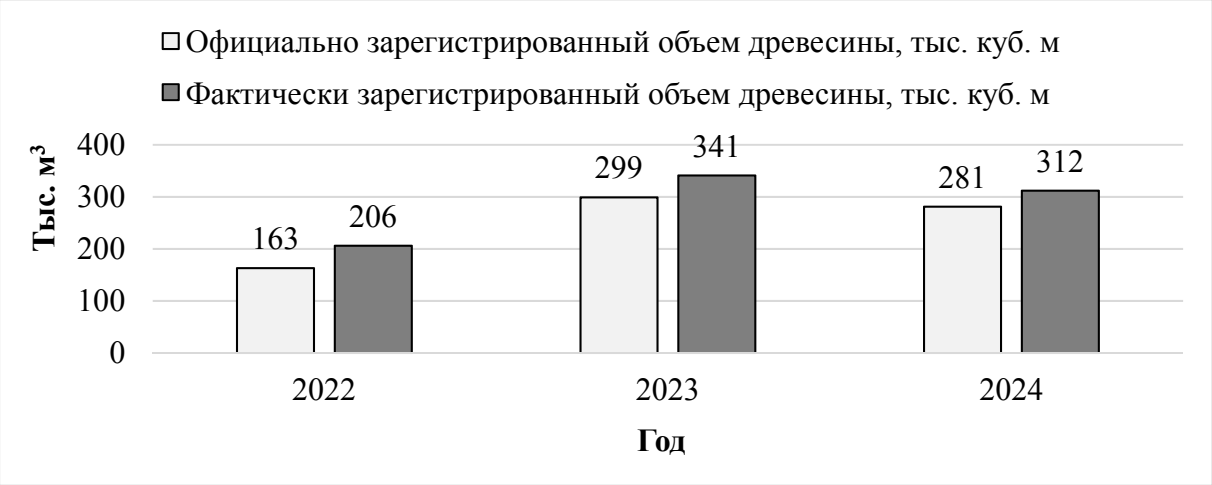

Рис. 3. Объем официально зарегистрированной древесины в сопоставлении с ее фактическим объемом по данным ПЦБК, тыс. м^3
(Составлено авторами на основе [8])

Электронный архив УГЛТУ

На графике представлены показатели, отражающие фактические и зарегистрированные объемы древесины за период с 2022–2024 гг. Объем древесины, определенный с применением цифровой модели, в достаточной степени превышает официальные значения, что указывает на наличие неучтенных запасов при обследовании площади традиционными методами. Высокая эффективность обусловливается применением ЦДЛ для получения более точной информации о ресурсной базе, а в будущем для введения этого метода учета как основного для официальной регистрации. На рис. 4 представлено процентное отклонение официальных данных от фактических.

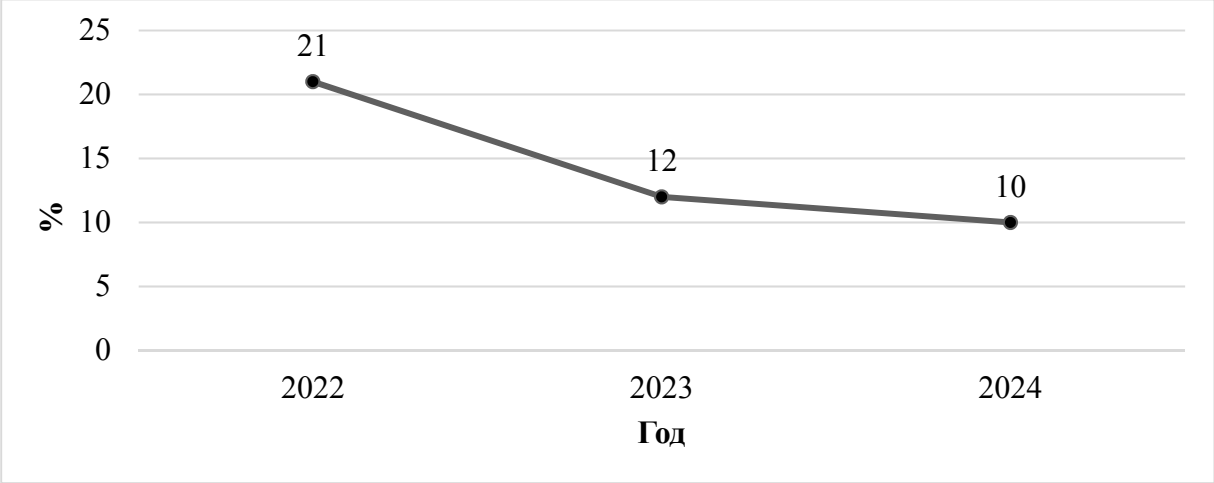

Рис. 4. Отклонение объема официально зарегистрированной древесины в сопоставлении с ее фактическим объемом по данным ПЦБК, %
(Составлено авторами на основе [8])

Рассчитанные процентные отклонения показывают, что по мере внедрения цифровых методов мониторинга, расхождения двух видов данных постепенно сокращаются, что может указывать на повышение точности инвентаризации запасов древесины, постепенном совершенствовании алгоритмов обработки данных и последовательную интеграцию ЦДЛ в систему управления ресурсами предприятия. Таким образом, ЦДЛ за счет своих методов осуществления мониторинга способствует повышению и усилению точности данных для учета лесных фондов и в общем оптимизации процесса управления на предприятии.

Исследование цифровых двойников, в частности ЦДЛ ПЦБК, продемонстрировало внушительный потенциал для повышения эффективности управления лесными фондами и в общем оптимизации процессов производства на предприятии. Авторы настоящего исследования поддерживают ряд российских ученых, отмечающих, что внедрение цифровых решений в процесс производства позволят не только повысить эффективность работы, производительность и точность данных, но и существенно сократить затраты временного ресурса. Несмотря на то, что внедрение ЦДЛ ПЦБК позволило достичь результата в виде обнаружения отклонения

Электронный архив УГЛТУ

зарегистрированных объемов древесины между данными, предоставленными государственными реестрами и фактическими данными, внедрение ЦДЛ находится на начальном этапе интегрирования в отрасль. Таким образом, российские предприятия только начинают осознавать реальные преимущества ЦДЛ и внедрять в процессы своего производства. Однако для достижения максимальной эффективности необходимо продолжать развивать и внедрять такую технологию в лесной сектор, расширяя возможности ее применения и улучшая алгоритмы работы. Все это позволит не только эффективно и оперативно управлять лесным фондом, но и достичь устойчивого развития лесного хозяйства в целом.

Список источников

1. Цифры лесного плана // Леспроминформ : [сайт]. URL: https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5207&utm (дата обращения: 06.10.2025).

2. Объем заготовленной древесины // ЕМИСС : [сайт]. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/37848 (дата обращения: 06.10.2025).

3. Аналитики: объемы лесозаготовки в РФ растут, но спрос все еще не удовлетворен // Forestcomplex.ru : [сайт]. URL: https://forestcomplex.ru/lesozagotovka/analitiki-objomy-lesozagotovki-v-rf-rastut-no-spros-vsjo-eshhjo-ne-udovletvorjon/ (дата обращения: 07.10.2025).

4. Кравченко А. А. Природа, сущность и классификация цифровых двойников // Экономика и управление. 2025. № 1. С. 125–134. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-1-125-134.

5. Сосфенов Д. А. Цифровой двойник: история возникновения и перспективы развития // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2023. № 4. С. 35–43. DOI: 10.25198/2077-7175-2023-4-35.

6. Forest digital twin: A new tool for forest management practices based on Spatio-Temporal Data, 3D simulation Engine, and intelligent interactive environment / Qiu H., Zhang H., Lei K. [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. 2023. № 215. DOI: 10.1016/j.compag.2023.108416.

7. О компании // ПЦБК : [сайт]. URL: https://pcbk.ru/about_company/ (дата обращения: 08.10.2025).

8. В России разработали технологию цифрового двойника. Она выявила более 40 % древесины, не учтенной государством // Cnews : [сайт]. URL:https://www.cnews.ru/news/top/2025-05-21_v_rossii_razrabotali_tehnologiyu (дата обращения: 10.10.2025).

9. Внедрение «цифрового двойника леса»: когда технологии видят каждое дерево // ПЦБК : [сайт]. URL: https://pcbk.ru/pressroom/company_news/2025/vnedrenie-cifrovogo-dvojnika-lesa (дата обращения: 10.10.2025).

Электронный архив УГЛТУ

References

1. Figures of forest plan // Lesprominform : [website]. URL: https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5207&utm (date of accessed: 06.10.2025).

2. Volume of converted wood // EMISS : [website]. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/37848 (date of accessed: 06.10.2025).

3. Analysts: Logging Volumes in Russia Are Growing, but Demand Still Not Meet // Forestcomplex.ru : [website]. URL: https://forestcomplex.ru/lesozagotovka/analitiki-objomy-lesozagotovki-v-rf-rastut-no-spros-vsjo-eshhjo-ne-udovletvorjon/ (date of accessed: 07.10.2025).

4. Kravchenko A. A. / Nature, essence, and classification of digital twins // Economics and management. 2025. No. 1. P. 125–134. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-1-125-134.

5. Sosfenov D. A. Digital twins: history of origin and development prospects // Intellect. Innovation. Investments. 2023. No. 4. P. 35–43. DOI: 10.25198/2077-7175-2023-4-35.

6. Forest digital twin: A new tool for forest management practices based on Spatio-Temporal Data, 3D simulation Engine, and intelligent interactive environment / Qiu H., Zhang H., Lei K. [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. 2023. No. 215. DOI: 10.1016/j.compag.2023.108416.

7. About the company // PPPC : [website]. URL: https://pcbk.ru/about_company/ (date of accessed: 08.10.2025).

8. Digital twin technology developed in Russia. It identified more than 40 % of wood not accounted for by the state/ Cnews : [website]. URL:https://www.cnews.ru/news/top/2025-05-21_v_rossii_razrabotali_ _tehnologiyu (date of accessed: 10.10.2025).

9. Implementation of a digital twin of the forest: when technology sees every tree // PPPC : [website]. URL: https://pcbk.ru/pressroom/company_news/2025/vnedrenie-cifrovogo-dvojnika-lesa (date of accessed: 10.10.2025).