

УДК 34.096  
К. А. Татаринов

## **Экологические возможности Интернета вещей**

ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет»,  
г. Иркутск  
e-mail:tatarinov723@gmail.com

**Аннотация.** При защите окружающей среды человечество сосредоточено на стремлении уменьшить и восстановить ущерб, нанесенный природным ресурсам. При этом оно сталкивается с рядом проблем, включающие повышение температуры планеты, загрязнение воздуха и поверхности токсичными веществами, накопление отходов, пожары, уничтожение видового биоразнообразия и лесов и т.д. Для того, чтобы оценить влияние и принять меры, влияющие на сокращение выбросов необходимо следить за концентрациями отравляющих веществ и источниками их выбросов. Повсеместное распространение транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания, выбросы от промышленного производства и лесные пожары напрямую влияют на качество воздуха. Технологии Интернет вещей (IoT) предлагают возможность значительного улучшения мониторинга окружающей среды путем увеличения количества измерительных эталонных станций, а также путем создания дополнительных систем отслеживания с большей плотностью датчиков. Мониторинг позволяет создавать карты загрязнения или возникновения негативных явлений, анализировать нежелательное антропогенное воздействие, создавать сценарии катастрофических экологических событий и принимать превентивные меры. «Зеленое» управление машинной экономикой снижает нагрузку на окружающую среду и в тоже время учитывает взаимосвязи между технологическими проблемами устойчивого развития на различных уровнях создания стоимости. В статье рассматриваются межсистемные факторы воздействия на окружающую среду, а также сделан акцент на «зеленое управление» цифровой экономикой. Обсуждаются возможности глобального сотрудничества, для того, чтобы направить цифровое развитие человечества не только в экономическую и социальную стороны, но и на решение будущих экологических проблем. Представлены также некоторые рекомендации по определению затрат ресурсов с точки зрения их «экологического веса», а также на переориентацию с аналитики больших данных и искусственного интеллекта на обнаружение загрязнений от подключенных устройств и выявление факторов окружающей среды, влияющих на работу самой технологии Интернета вещей.

**Ключевые слова:** экологически устойчивая окружающая среда, Интернет вещей, энергосбережение, возобновляемые источники энергии, «зеленое» управление машинной экономикой, экологическая политика, изменение климата, качество жизни населения.

### **Введение**

В цифровой экономике «умные вещи» способны воспринимать, понимать и принимать решения в отношении своего окружения и окружающей среды. В

настоящее время в мире существуют более 25 миллиардов подключенных устройств и в ближайшее десятилетие их число возрастет до 125 миллиардов единиц. Экспоненциальный рост данных устройств вызовет и увеличения количества переданных данных до 200 зеттабайт, где четвертая часть будет обрабатываться исключительно между интеллектуальным оборудованием. Этот машинный диалог трансформирует создание добавленной стоимости на производстве и окажет влияние в областях автоматического вождения, умных зданий, энергетики и сельского хозяйства. Цифровые компании уже сейчас делают ставку на разработку новых бизнес-моделей, основанных на мире интеллектуальных машин [8, с. 279]. Переход к «умным» устройствам в качестве независимых участников рынка будет происходить поэтапно. Подключенные машины в недалеком будущем смогут прогнозировать свое состояние, собирать данные о себе и своем окружении, а также запрашивать профилактическое обслуживание и ремонт. С течением времени машины станут финансово-независимыми со своими учетными записями и платежными системами, что отражает эволюцию от сетевого взаимодействия на основе данных, до денежно-транзакционного. Взаимодействие между людьми и машинами будет все более плотным и в некоторых областях границы между ними станут размытыми. Люди принесут в машины свой интеллект, стандарты, ценности и требования, что обеспечит рефлексивное взаимодействие машин со своими создателями. Слияние людей и машин вызовет глобальные изменения в окружающей среде и породит с одной стороны «разумных неживых существ», а с другой «Homo digitalis». *Цель статьи* — рассмотреть воздействие развития технологий Интернета вещей на экологию и предложить «зеленое» управление машинной экономикой, которое учитывает экологические, социальные и экономические зависимости и балансирует их в компромиссах. *Обзор литературы.* Проблемам развития Интернета вещей и его влияния на экологию посвящены работы российских и зарубежных исследователей: экологическое сотрудничество [3, 4, 10], компоненты интеллектуальной экосистемы [1, 8, 9, 13, 14], экологически устойчивая окружающая среда [2, 7, 11].

### **Материалы и методы**

Информационной базой статьи послужили интервью с избранными технологическими экспертами, а также дебаты в научных журналах и других средствах массовой информации по вопросам устойчивого экологического развития цифрового общества. Методология исследования базируется на теоретическом и сравнительном анализе, что позволило выстроить осмысление экологических направлений развития Интернета вещей, а также определить области его применения в экологически безопасных и интеллектуальных средах.

### **Результаты и обсуждение**

Интернет вещей описывает цифровую взаимосвязь физических объектов, которые превращаются в «умные» вещи с помощью датчиков и вычислительных мощностей [3, с. 6]. Взаимодействие между ними происходит с помощью сетевых технологий (Wi-Fi, LTE, 5G). Технология распределенного реестра (DLT или блокчейн) обеспечивает децентрализованное управление данными и надежные

транзакции, которым можно доверять. В «алгоритмизированной» экономике Интернет вещей, искусственный интеллект и DLT работают синергетически, где датчики Интернета вещей — это основа для обучения алгоритмов, а искусственного интеллекта, а DLT — это безопасная идентификация машин [9, с. 1176]. Сети объединяют людей, продукты и машины через сеть потоков данных и информации. Аналитика больших данных преобразуют огромные объемы данных в информацию и знания, а цифровые двойники вещей могут виртуально отображать физический мир. Создание стоимости в цифровой экономике происходит в виде сложной «игры», где из различных технологических блоков собираются продукты. Понимание данных процессов создания стоимости, а также постоянно меняющегося «ландшафта игроков» — это основа экологической оценки алгоритмизированной экономики.

Воздействие на окружающую среду в цифровой экономике за счет расхода материалов и энергии, а также технологических выбросов и электронных отходов происходит на двух уровнях. Во-первых, цифровая инфраструктура требует ресурсов для создания оборудования и поэтому добываются полезные ископаемые, которые потом перерабатываются в компоненты для датчиков, компьютеров, сетей и т.д., а затем, в конечном итоге, утилизируется. Во-вторых, нужна электрическая энергия, вырабатываемая в основном тепловыми электростанциями. Все это в совокупности оказывает прямое воздействие на окружающую среду. С другой стороны, данная цифровая инфраструктура требует новых производственных и логистических процессов, которые создают новые нагрузки на окружающую среду. Например, искусственный интеллект создает алгоритмы работы для роботов-доставщиков, работа которых и вызывает дополнительное энергопотребление. Данные эффекты можно назвать косвенными. Можно с уверенностью предположить, что уже сегодня до 5 % глобальных выбросов парниковых газов относится к цифровизации экономики, где их большая часть приходится на производство и использование конечного цифрового оборудования (смартфоны, компьютеры, дата-центры и т.д.). При нынешней тенденции также следует ожидать устойчивого роста количества электронных отходов.

В будущем машинам, работающим практически самостоятельно, потребуется разнообразная база устройств, датчиков, центральных и децентрализованных компьютеров, носителей информации и сетей. Таким образом, на уровне виртуальных цепочек создания стоимости, производство, хранение и обработку данных можно рассматривать как факторы воздействия на окружающую среду. В будущем «импульсные» нейронные сети при аналогичной производительности могут быть более чем в 100 раз более энергоэффективными, чем имеющиеся сейчас, за счет усиления ориентации на эффективные алгоритмы вместо традиционного стремления к все большей точности вычисления. В центре внимания современных исследований в области искусственного интеллекта в основном находятся ресурсоемкие модели, и целостная оценка их воздействия на окружающую среду отсутствует. Поэтому влияние применения искусственного интеллекта на климат в настоящее время определить количественно пока очень сложно.

Перспектива повышения производительности и снижения затрат отодвигает на второй план экологические последствия развития машинного взаимодействия. Задача состоит в том, чтобы понять действия, наносящие ущерб окружающей

среде, и стимулировать поиск устойчивых альтернатив [2, с. 11]. Для этого важны следующие моменты: во-первых, нужна всеобъемлющая устойчивая система, анализирующая процессы создания ценности между всеми заинтересованными сторонами и ставящая в приоритет защиту климата; во-вторых, в процессах создания стоимости развитие технологий должно быть экологически форсированным; в-третьих, все вовлеченные игроки должны адаптировать свои стратегии и бизнес-модели с учетом экологических требований [5, с. 26]. «Зеленое» управление машинной экономикой учитывает экологические, социальные и экономические зависимости и балансирует их в компромиссах [12, с. 680]. Широкое внедрение ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий в экономику может стать целесообразным только в том случае, если их стоимость будет оправданной, а потенциал снижения затрат будет обеспечен за счет экономии материалов и энергии. Прозрачность доступа к аналитике больших данных и цифровым близнецам является неотъемлемой частью машинной экономики. В будущем, в условиях продолжающегося роста подключаемых машин необходимо определять затраты ресурсов с точки зрения их «экологического веса». Наряду с этим необходимо будет переориентировать аналитику больших данных и искусственный интеллект на «обнаружение загрязнений» и выявление факторов окружающей среды, влияющих на работу самой технологии [4, с. 302].

В «Интернете всего» практически все люди, процессы, данные и вещи будут связаны друг с другом в цифровом виде. В то же время значительная часть собранных данных вообще не будет использоваться, что создаст негативные внешние экологические эффекты. Поэтому разработчикам и лицам, принимающим решения нужно признать, что существуют «зеленые» альтернативные технологии, которые не являются более дорогостоящими, чем их менее экологичные аналоги. Это также требует глубокого изучения других экологических рисков, таких как технологические ограничения экосистем цифровых платформ или интенсивная маркетинговая деятельность крупных IT-корпораций. С другой стороны, необходимы дополнительные исследования «разумной меры» развития устройств, приложений и инфраструктуры, чтобы на самом деле обеспечить достаточность в технологически детерминированной и растущей машинной экономике. Перспективы достаточности также должны быть включены в контексте внедрения стандарта связи 5G, ведь эта технология помимо потенциального повышения эффективности может привести к загрязнению окружающей среды (микроволновое излучение, зависимость от «конфликтных минералов» и т. д.) [10, с. 61].

Динамическая адаптация и сложность экологического управления в машинной экономике связана со сбором данных и их оценкой в режиме реального времени [7, с. 69]. Например, когда приложения дополненной реальности с поддержкой искусственного интеллекта управляют производственным персоналом во время ремонта оборудования данные должны обрабатываться без задержек. В то же время они должны оставаться на серверах компании, и в целях безопасности не скачиваться с облака через Интернет. С точки зрения энергопотребления такая децентрализованная обработка данных будет менее эффективной. Таким образом, возникают сложные и взаимосвязанные производственные циклы, в которых возникают поля напряженности между критериями экономической и экологической эффективности. Например, данные

должны быть постоянно обновляемыми, что лишает их возможности повторного применения и увеличивает расход энергии. Кроме того, инфраструктура измерений, основанная на специализированных телекоммуникационных решениях (Sigfox, LoRa и NB-IoT), может использоваться в более широком виде в качестве платформы массовой связи для IoT-устройств в качестве варианта, имеющимся в настоящее время (GSM, LTE).

Выделяют следующие виды мониторинга окружающей среды, осуществляемого с помощью Интернет вещей:

- качество воздуха с учетом твердых частиц, токсичных газов (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, ZnCl<sub>2</sub>, CO) и летучих органических соединений [1, с. 2];
- содержание углекислого газа и потенциальные места его выбросов;
- интенсивность ионизирующего излучения;
- потенциальные источники загрязнения воздуха;
- качество и количество воды в водоемах и цветение водорослей;
- качество почвы и садовых субстратов;
- шум в окружающей среде и особенно в урбанизированных районах;
- биоразнообразие и состояние среды обитания диких животных;
- управление отходами.

Экологически устойчивая окружающая среда — это сочетание экологически чистых технологий в контексте создания экологически эффективных жилых пространств. Данные условия направлены на уменьшение вредного воздействия человека на планету при одновременном повышении качества его жизни. К важнейшим компонентам интеллектуальной экосистемы можно отнести:

- энергосбережение, где приоритет отдается энергосберегающим устройствам, таким как «умные» термостаты, энергоэффективные приборы и светодиодные лампы;
- возобновляемые источники энергии, работающие на силе ветра, падающей воды и солнечной энергии и снижающие зависимость экономики от ископаемого топлива;
- снижение расхода пресной воды на сельскохозяйственных угодьях с помощью интеллектуальных систем орошения и на городских коммуникациях с помощью датчиков потребления воды;
- переработка бытовых отходов и использование экологически чистых материалов в строительстве и в повседневной жизни [6, с. 1021].

Для создания экологически устойчивой окружающей среды требуется интеллектуальная инфраструктура:

- интеллектуальные и экологически чистые сооружения с хорошо изолированными стенами, достаточным количеством окон для дневного света и с энергоэффективными системами кондиционирования воздуха;
- интеллектуальные системы управления бытовым мусором, использующие датчики для отслеживания наполненности каждого контейнера, что в конечном итоге, оптимизирует маршруты мусоровозов и сокращает у них расход топлива.
- общественный электротранспорт, электромобили и обмен велосипедами на базе цифровых платформ;

- зеленые крыши, парки и городские леса, позволяющие повысить эстетическое восприятие городской среды и одновременно улучшить качество воздуха и здоровье населения.
- удаленная работа на базе цифровой коммуникации, снижающая потребность в физических поездках и количество используемых ресурсов.

**Таблица 1**

Области применения Интернета вещей в экологически безопасных и интеллектуальных средах

Область применения	Экологическое значение
Интеллектуальные термостаты и другие энергоэффективные приборы	Оптимизация потребления энергии путем настройки параметров в зависимости от занятости и экономических предпочтений
Интеллектуальные системы освещения	Снижение энергопотребления за счет изменения интенсивности света и цветовой температуры в зависимости от условий окружающей среды и присутствия людей в помещении
Интеллектуальные ирригационные системы	Оптимизация графика полива и сокращение употребления воды за счет использования данных о погоде и датчиков влажности почвы
Камеры и датчики отслеживания движения автотранспорта в городе	Регулирование время подачи сигналов светофоров в режиме реального времени, что уменьшает заторы и загрязнение окружающей среды выхлопными газами
Датчики отслеживания движения общественного транспорта	Отслеживание маршрутов общественного транспорта в режиме реального времени, что способствует использованию автобуса или поезда вместо того, чтобы ехать в одиночку на личном автомобиле
Автомобильные телематические системы	Сбор данных для изучения поведения водителя на дороге, потребностей в техническом обслуживании автомобиля и его топливной экономичности
Мусорные баки, оснащенные датчиками заполняемости	Отслеживание уровня наполненности мусорных баков, что позволяет оптимизировать маршруты мусоровозов и сократить эксплуатационные расходы
Интеллектуальные энергетические сети	Интегрирование возобновляемых источников энергии в энергетическую систему города и сокращение энергетических потерь
Датчики качества воздуха	Отслеживание в режиме реального времени качества воздуха, что позволяет административно воздействовать на снижение уровня его загрязнения
Точное земледелие	Отслеживание с помощью датчиков Интернета вещей состояние почвы, погоды и вегетации сельскохозяйственных культур, что позволяет максимально эффективно использовать орошение, удобрения и пестициды
Датчики в естественной среде	Мониторинг состояния лесов и водных объектов, что позволяет вовремя локализовать лесные пожары, наводнения, засухи и другие стихийные бедствия
Датчики местоположения товаров	Повышение прозрачности и эффективности логистических цепочек поставок
Носимые трекеры	Непрерывный мониторинг состояния пациента, что улучшает его лечение и снижает расходы на здравоохранение
Исследовательские лаборатории	Автоматизация исследовательских процессов, включая экспериментальный контроль оборудования, сбор данных и совместную работу ученых

*Составлено автором на основании [11, 13, 14]*

Представленные в таблице IoT-приложения способствуют более эффективному использованию ресурсов, уменьшению отходов и предоставляют

важные сведения для принятия решений. Они играют ключевую роль в поиске решений глобальных проблем (изменение климата, нехватка ресурсов, урбанизация и стремление к более экологичному для жизни будущему), а также используются в интеллектуальном управлении заданиями и здравоохранении.

### **Выводы**

В заключение следует отметить, что за последнее десятилетие Интернет вещей превратился в силу, которая может создать разумную и устойчивую экологическую среду. Технология Интернета вещей, включающая в себя множество датчиков, передающих устройств и инфраструктуры, позволяет в режиме реального времени управлять природными ресурсами и снижать антропогенное воздействие на них. В промышленности, сельском хозяйстве, «умных» городах и домах Интернет вещей позволяет достигнуть максимальной эффективности в использовании ресурсов и сохранении окружающей среды. Однако, его распространение ограничивается проблемами конфиденциальности, безопасности и функциональной совместимости. В свете того, что изменение климата неизбежно приведет к более частым экстремальным погодным явлениям, государству приоритетное внимание следует также уделять составлению планов действий по борьбе с наводнениями, ураганами, засухами, пожарами и другими стихийными бедствиями, а также претворению этих планов в жизнь. Воздействие на окружающую среду сегодня должно рассматриваться на системном уровне, где понимание механизмов, лежащих в основе экологических нагрузок, требует освещения физической ценности разнообразных цифровых процессов в технологической цепочке создания продуктов. Государственные субсидии на расширение использования возобновляемых источников энергии, целевые показатели по сокращению загрязнения и строительные нормы — все это является частью экологической политики. Государственная экономическая модель «замкнутого цикла» должна быть направлена на минимизацию отходов за счет повторного использования подключенных устройств, их восстановления и переработки. Для создания экологически устойчивой среды важно, чтобы отдельные люди, местные сообщества, компании и государственные органы ради будущих поколений работали сообща. Ведь растущая осведомленность об экологических проблемах, таких как загрязнение окружающей среды, истощение ресурсов и последствия урбанизации, в конечном итоге приведет к более экологичному выбору образа жизни и подходам к городскому планированию.

### **Литература**

1. Горягдыев, Г. Ч. Важность изучения технологии IoT (Internet of things) в борьбе с изменением климата // Наука, техника и образование. 2023. № 2(90). С. 48-50. DOI 10.24411/2312-8267-2023-10203. EDN HJSHIM.
2. Горохов А. А., Щербаков И. М., Дибров Е. А. Технологии интернета вещей для достижения целей устойчивого развития // Российско-азиатский правовой журнал. 2022. № 1. С. 10-24. DOI 10.14258/ralj(2022)1.2. EDN PVBSVU.
3. Гусева Г. В., Астафьев С. А. Интеграция технологий информационного моделирования и Интернета вещей в строительстве // Baikal Research Journal. 2020. Т. 11, № 3. С. 9. DOI 10.17150/2411-6262.2020.11(3).9. EDN EROFWC.

4. Дицевич Я. Б., Белых О. А., Русецкая Г. Д. Применение новых технологий в борьбе с нарушениями экологического законодательства // Всероссийский криминологический журнал. 2021. Т. 15, № 3. С. 295-305. DOI 10.17150/2500-4255.2021.15(3).295-305. EDN NIFGMI.
5. Дрожжинов В. И., Куприяновский В. П., Намиот Д. Е. [и др.] Умные города: модели, инструменты, рэнкинги и стандарты // International Journal of Open Information Technologies. 2017. Т. 5, № 3. С. 19-48. EDN XYBPFL.
6. Ковалевская Н. Ю., Бедин Б. М. Экологические аспекты развития урбанизированных территорий // Baikal Research Journal. 2023. Т. 14, № 3. С. 1011-1024. DOI 10.17150/2411-6262.2023.14(3).1011-1024. EDN GKPOEW.
7. Курюкин А. Н. Россия 2020-х гг.: Индустрия 4.0 и вопросы устойчивого развития // Социально-политические науки. 2023. Т. 13, № 4. С. 65-73. DOI 10.33693/2223-0092-2023-13-4-65-73. EDN LVPAVI.
8. Романова О. А. Инновационная парадигма новой индустриализации в условиях формирования интегрального мирохозяйственного уклада // Экономика региона. 2017. Т. 13, № 1. С. 276-289. DOI 10.17059/2017-1-25. EDN YGKEAZ.
9. Сафиуллин М. Р., М. В. Савеличев, Л. А. Ельшин, В. О. Моисеев Повышение устойчивости экономики на основе токенизации экстерналий // Креативная экономика. 2020. Т. 14, № 6. С. 1171-1186. DOI 10.18334/ce.14.6.110527. EDN XMSPUU.
10. Харченко С. Г., Жижин Н. К. Пятое поколение сетей беспроводной связи (5G): проблемы и риски // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24, № 12. С. 58-65. DOI 10.18412/1816-0395-2020-12-58-65. EDN PPTTXL.
11. Черных В. В. Лесные пожары 2019 г. - социально-экономическое бедствие Иркутской области // Global and Regional Research. 2020. Т. 2, № 1. С. 198-205. EDN PZXPPQ.
12. Шагина Е. А., Усова Е. П. Внедрение ESG-повестки в агропромышленный комплекс // Baikal Research Journal. 2024. Т. 15, № 2. С. 677-686. DOI 10.17150/2411-6262.2024.15(2).677-686. EDN LGFERF.
13. Prakash M. Internet of Things for Building a Smart and Sustainable Environment: A Survey / Prakash M., Amit Kumar Tyagi, Senthil Kumar Arumugam, Arnav Rawat [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ak-tyagi.com/static/pdf/155.pdf> (дата обращения: 27.01.2025).
14. Wurm, D. Wege in eine ökologische Machine Economy: Wir brauchen eine 'Grüne Governance der Machine Economy', um das Zusammenspiel von Internet of Things, Künstlicher Intelligenz und Distributed Ledger Technology ökologisch zu gestalten / D. Wurm, O. Zielinski, N. Lübben, M. Jansen, S. Ramesohl [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/242845/1/1771053402.pdf> (дата обращения: 27.01.2025).

K. A. Tatarinov

## *The ecological possibilities of the Internet of Things*

Baikal State University, Irkutsk  
e-mail:tatarinov723@gmail.com

**Abstract.** *When protecting the environment, humanity is focused on striving to reduce and repair the damage caused to natural resources. At the same time, it faces a number of problems, including rising global temperatures, air and surface pollution with toxic substances, waste accumulation, fires, destruction of species biodiversity and forests, etc. In order to assess the impact and take measures to reduce emissions, it is necessary to monitor concentrations of toxic substances and sources of their emissions. The ubiquity of vehicles with internal combustion engines, emissions from industrial production and forest fires directly affect air quality. Internet of Things (IoT) technologies offer the opportunity to significantly improve environmental monitoring by increasing the number of measuring reference stations, as well as by creating additional tracking systems with a higher density of sensors. Monitoring allows you to create maps of pollution or the occurrence of negative phenomena, analyze undesirable anthropogenic impacts, create scenarios for catastrophic environmental events, and take preventive measures. The "green" management of the machine economy reduces the burden on the environment and at the same time takes into account the interrelationships between technological problems of sustainable development at various levels of value creation. The article discusses intersystem environmental impact factors and focuses on the "green governance" of the digital economy. The possibilities of global cooperation are being discussed in order to direct the digital development of mankind not only economically and socially, but also to solve future environmental problems. Some recommendations are also presented for determining the cost of resources in terms of their "ecological weight", as well as for refocusing from big data analytics and artificial intelligence to detecting pollution from connected devices and identifying environmental factors affecting the operation of the Internet of Things technology itself.*

**Keywords:** *environmentally sustainable environment, Internet of Things, energy conservation, renewable energy sources, green management of the machine economy, environmental policy, climate change, quality of life of the population.*

### **References**

1. Garyagdyev, G. CH. Vazhnost' izucheniya tekhnologii IOT (Internet of things) v bor'be s izmeneniyem klimata // Nauka, tekhnika i obrazovanie. 2023. № 2(90). S. 48-50. DOI 10.24411/2312-8267-2023-10203. EDN HJSHIM. (in Russian)
2. Gorohov A. A., SHCHerbakov I. M., Dibrov E. A. Tekhnologii interneta veshchej dlya dostizheniya celej ustojchivogo razvitiya // Rossijsko-aziatskij pravovoj zhurnal. 2022. № 1. S. 10-24. DOI 10.14258/ralj(2022)1.2. EDN PVBSVU. (in Russian)
3. Guseva G. V., Astaf'ev S. A. Integraciya tekhnologij informacionnogo modelirovaniya i Interneta veshchej v stroitel'stve // Baikal Research Journal. 2020. T. 11, № 3. S. 9. DOI 10.17150/2411-6262.2020.11(3).9. EDN EROFWC. (in Russian)

4. Dicevich YA. B., Belyh O. A., Ruseckaya G. D. Primenenie novyh tekhnologij v bor'be s narusheniyami ekologicheskogo zakonodatel'stva // Vserossijskij kriminologicheskij zhurnal. 2021. T. 15, № 3. S. 295-305. DOI 10.17150/2500-4255.2021.15(3).295-305. EDN HIFGMI. (in Russian)
5. Drozhzhinov V. I., Kupriyanovskij V. P., Namiot D. E. [i dr.]Umnye goroda: modeli, instrumenty, renkingi i standarty // International Journal of Open Information Technologies. 2017. T. 5, № 3. S. 19-48. EDN XYBPFL. (in Russian)
6. Kovalevskaya N. YU., Bedin B. M. Ekologicheskie aspekty razvitiya urbanizirovannyh territorij // Baikal Research Journal. 2023. T. 14, № 3. S. 1011-1024. DOI 10.17150/2411-6262.2023.14(3).1011-1024. EDN GKPOEW. (in Russian)
7. Kuryukin A. N. Rossiya 2020-h gg.: Industriya 4.0 i voprosy ustojchivogo razvitiya // Social'no-politicheskie nauki. 2023. T. 13, № 4. S. 65-73. DOI 10.33693/2223-0092-2023-13-4-65-73. EDN LVP AVI. (in Russian)
8. Romanova O. A. Innovacionnaya paradigma novoj industrializacii v usloviyah formirovaniya integral'nogo mirohozyajstvennogo uklada // Ekonomika regiona. 2017. T. 13, № 1. S. 276-289. DOI 10.17059/2017-1-25. EDN YGKEAZ. (in Russian)
9. Safiullin M. R., M. V. Savelichev, L. A. El'shin, V. O. Moiseev Povyshenie ustojchivosti ekonomiki na osnove tokenizacii eksternalij // Kreativnaya ekonomika. 2020. T. 14, № 6. S. 1171-1186. DOI 10.18334/ce.14.6.110527. EDN XMSPUU. (in Russian)
10. Harchenko S. G., Zhizhin N. K. Pyatoe pokolenie setej besprovodnoj svyazi (5G): problemy i riski // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2020. T. 24, № 12. S. 58-65. DOI 10.18412/1816-0395-2020-12-58-65. EDN PPTTXL. (in Russian)
11. Chernyh V. V. Lesnye pozhary 2019 g. - social'no-ekonomicheskoe bedstvie Irkutskoj oblasti // Global and Regional Research. 2020. T. 2, № 1. S. 198-205. EDN PZXPPPO. (in Russian)
12. Shagina E. A., Usova E. P. Vnedrenie ESG-povestki v agropromyshlennyj kompleks // Baikal Research Journal. 2024. T. 15, № 2. S. 677-686. DOI 10.17150/2411-6262.2024.15(2).677-686. EDN LGFERF. (in Russian)
13. Prakash M. Internet of Things for Building a Smart and Sustainable Environment: A Survey / Prakash M., Amit Kumar Tyagi, Senthil Kumar Arumugam, Arnav Rawat URL: <https://ak-tyagi.com/static/pdf/155.pdf>.
14. Wurm, D. Wege in eine ökologische Machine Economy: Wir brauchen eine 'Grüne Governance der Machine Economy', um das Zusammenspiel von Internet of Things, Künstlicher Intelligenz und Distributed Ledger Technology ökologisch zu gestalten / D. Wurm, O. Zielinski, N. Lübben, M. Jansen, S. Ramesohl URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/242845/1/1771053402.pdf>.

*Поступила в редакцию 15.01.2025 г.*