Научная статья
Original article
УДК 33

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
MODERN TECHNOLOGIES IN REMOTE SENSING OF THE ENVIRONMENT

Ермохин Андрей Владимирович, студент 2 курса магистратуры, факультета Управления недвижимостью и права, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству» (105064 Россия, г. Москва, ул. Казакова, д. 15), ermoxin.andrei96@mail.ru.
Иванов Николай Иванович, научный руководитель, доктор экономических наук, заведующий кафедрой менеджмента и управленческих технологий ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству» (105064 Россия, г. Москва, ул. Казакова, д. 15), nickibut@ya.ru.

Ermokhin Andrei Vladimirovich, 2st year student of the Master's degree, Faculty of Real Estate Management and Law, State University of Land Management (15 Kazakova str., Moscow, 105064 Russia), ermoxin.andrei96@mail.ru.
Ivanov Nikolai Ivanovich, scientific supervisor, Doctor of Economics, Head of the Department of Management and Management Technologies of the State University of Land Management (15 Kazakova str., Moscow, 105064 Russia), nickibut@ya.ru.

Аннотация: Дистанционное зондирование Земли стало жизненно важным для мониторинга особенностей земных ландшафтов и инфраструктур, управления природными ресурсами и изучения изменения окружающей среды. Благодаря

современных технологий, материалы космической и аэрофото съемок высокого разрешения стали одним из наиболее оперативных, надежных и эффективных источников информации для мониторинга состояния и динамических изменений состояния окружающей среды. В статье описывается значимость дистанционного зондирования Земли при исследовании состояния земель.

Abstract: Remote sensing of the Earth has become vital for monitoring the features of terrestrial landscapes and infrastructures, managing natural resources and studying environmental changes. Thanks to modern technologies, high-resolution space and aerial photography materials have become one of the most operational, reliable and effective sources of information for monitoring the state and dynamic changes in the state of the environment. The article describes the importance of remote sensing of the Earth in the study of the state of the earth.

Ключевые слова: устойчивое развитие, цифровая трансформация, социально-экономическое развитие, ESG, ИТ.

Keywords: sustainable development, digital transformation, socio-economic development, ESG, IT.

В последнее время спутниковые снимки становятся все более важным инструментом мониторинга окружающей среды. Поскольку технологии продолжают развиваться, использование искусственного интеллекта (ИИ) в спутниковых снимках становится все более возможным.

Мониторинг окружающей среды на основе искусственного интеллекта с использованием спутниковых снимков потенциально может революционизировать способы мониторинга и анализа окружающей среды Земли. Анализ спутниковых снимков, основанный на искусственном интеллекте, может использоваться для обнаружения изменений в растительном покрове и землепользовании, отслеживания состояния лесов и океанов и обнаружения загрязнения воды. Он также может использоваться для мониторинга последствий изменения климата и получения информации о последствиях стихийных бедствий.

Использование управляемого искусственным интеллектом мониторинга окружающей среды со спутниковыми снимками имеет много преимуществ. Искусственный интеллект может анализировать большие объемы данных быстрее и точнее, чем это может сделать человек, что позволяет проводить более быстрый и всесторонний анализ окружающей среды. Искусственный интеллект также может обнаруживать закономерности, которые люди, возможно, не в состоянии обнаружить. Искусственный интеллект также может быть использован для выявления областей ухудшения состояния окружающей среды или зон потенциального экологического риска, что позволяет сократить время реагирования.

Первый искусственный спутник земли "Спутник" был запущен в космос 4 октября 1957 года. С тех пор использование спутников расширилось для мониторинга Земли, включая погоду и состав атмосферы. За последние двадцать лет крупномасштабные выбросы метана (естественные и антропогенные) были обнаружены с помощью общедоступных спутников с низким разрешением (Frankenberg, et al., 2005). Однако выбросы метана, связанные с антропогенной деятельностью, связаны со многими относительно небольшими точечными источниками (Varon, Jacob и др., 2018). Для этого GHGSat, частная компания с международным присутствием, впервые применила спутники высокого разрешения для мониторинга выбросов метана по всему миру. В июне 2016 года компания запустила первый микроспутник, подтверждающий концепцию, GHGSat-D, который позволяет эффективно измерять выбросы метана и углекислого газа с целевых объектов. Этот спутник продолжает полностью функционировать и способствовал улучшению поиска данных и совершенствованию методологий обработки. Эти выводы были учтены при разработке датчика нового поколения (Ligori и др., 2019). Эта сенсорная технология была ориентирована на обнаружение метана и была включена в GHGSat-C1 и GHGSat-C2, которые были запущены в сентябре 2020 года и январе 2021 года, соответственно.

Спутники GHGSat находятся на орбите примерно в 500 км от земли. Таким образом, понимание возможностей прибора и описание некоторых примеров измерений, выполняемых спутниками, дает представление о том, как эта технология может быть использована для определения выбросов метана с нефтегазовых объектов и их влияния на показатели ESG.

Прибор на спутниках GHGSat использует спектрометрию для выполнения измерений концентрации метана, превышающей фоновую концентрацию. Эта технология позволяет измерять остаточные газы на уровне поверхности путем сбора рассеянного солнечного света с земли.

Основным инструментом является запатентованный датчик GHGSat, в котором используется широкоугольный спектрометр с фиксированным резонатором. Фабри-Перо (WAF-P) etalon imaging spectrometer. WAF-P etalon использует отражения между двумя близко расположенными зеркалами, которые частично отражают и пропускают мгновенный свет. Затем проходящий свет фокусируется линзой на устройстве формирования изображения (экране), которое создает так называемую интерференционную картину. Интерференция возникает при наложении двух или более волн. Амплитуда волн и их соответствующие положения в каждой точке пространства объединяются для формирования единой результирующей волны. В результате получается рисунок из ярких и тусклых полос. Яркость этих полос определяется степенью конструктивной интерференции этих волн. Полная конструктивная интерференция приводит к наиболее ярким полосам, в то время как частичная конструктивная интерференция приводит к более тусклой полосе. Молекулы на пути света поглощают определенный набор длин волн, оставляя в спектре темные полосы. Темные полосы можно обнаружить с орбиты, как только концентрация молекул увеличится.

В системе формирования изображений GHGSat радиус кольца на тепловизоре приблизительно пропорционален углу наклона луча. Это позволяет эталону вести себя как фильтр, зависящий от угла наклона. Таким образом, вместо рассеивания света по длине волны мы фильтруем свет до определенной длины

волны, в зависимости от радиального положения источника света в пределах сцены. На рисунке 1 показана схема системы визуализации.

В дополнение к WAF-P оптическая конструкция прибора включает в себя три группы линз, а также зеркала для складывания луча, необходимые для установки телескопа в шину микроспутника. Этот спектрометр способен распознавать линии поглощения метана в коротковолновом инфракрасном диапазоне (SWIR; (Джервис и др., 2021)). Спектральный диапазон обнаружения метана составляет 1600-1700 нанометров (нм), с несколькими полосами в запатентованной конфигурации. Эта конфигурация обеспечивает точные значения концентрации метана для более чем 200 000 пикселей на каждом изображении.

На сегодняшний день используются спутниковые данные от различных национальных и коммерческих поставщиков, например, от Европейского космического агентства (ESA), НАСА и Японского агентства аэрокосмических исследований (JAXA). Обычно используются два основных типа спутниковых датчиков: оптические датчики и радарные датчики. Эти спутниковые наборы данных в сочетании с математическими моделями обрабатываются с помощью искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения для получения наборов данных о среде обитания, пологом покрове и запасах углерода.

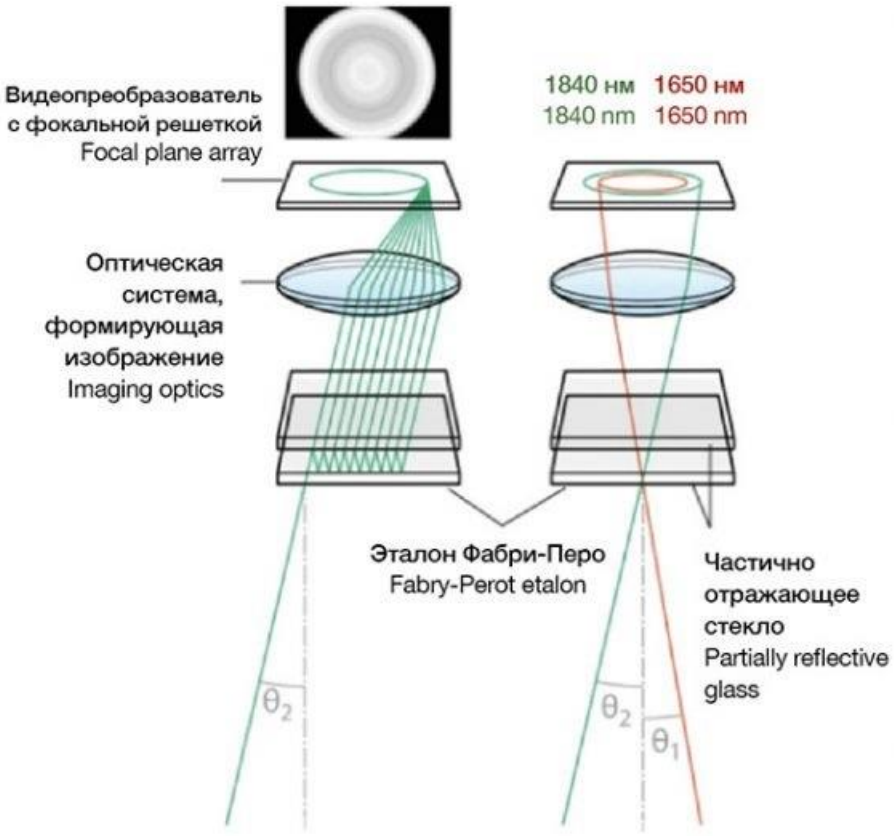


Рис. 1: Нижняя часть: Эталон состоит из двух частично отраженных поверхностей, на расстоянии микрометров друг от друга. Часть светового потока проходит между обеими поверхностями, остальное отражается внутри двухзеркальной полости, до того как проходит мимо. Часть слева: Если свет имеет нужную длину волны, и входит под определенным углом, он будет конструктивно интерферировать между собой. Часть справа: В результате получается длинноволновой фильтр , в зависимости от угла падения лучей света (McKeever, Jervis and Strupler 2020).

Рисунок 1. Схема системы визуализации спутника

Также используются другие наборы данных с открытым исходным кодом, которые улучшаются с помощью последующей обработки, чтобы получить представление об окружающей среде для составления отчетов и раскрытия информации.

Спутниковые снимки наиболее полезны для одновременной оценки огромных участков территории. Такие изображения снимаются специальными датчиками (установленными на Maxar, Landsat, Sentinel, WorldView и аналогичных космических платформах) и могут быть получены практически для любого места

на планете с требуемым разрешением. Кроме того, данные могут собираться для одной и той же земли неоднократно в течение нескольких месяцев или лет, что позволяет наблюдать эволюцию территории как в краткосрочной перспективе (лесные пожары, наводнения и т.д.), так и в долгосрочной (изменение климата, деятельность человека и т.д.). Также полезно, чтобы базовые спутниковые данные (Landsat, Google Планета Земля и т.д.) Были общедоступны и, таким образом, могли быть легко использованы для достижения целей ЦУР.

Например, в лесном хозяйстве алгоритмы ML широко полезны для оценки индекса площади листьев, структуры растительности, уровня влажности и количества деревьев на акр. Эти параметры обеспечивают хороший показатель состояния здоровья для конкретного леса и могут быть использованы для оценки общей ситуации в рассматриваемом регионе. Другой тесно связанной темой является цель углеродной нейтральности. Основная идея заключается в том, что выбросы могут быть стабильно компенсированы за счет поглощения CO 2 растительностью. Общая нейтральность территории оценивается в три этапа. Сначала моделируется распространение углекислого газа с использованием специальных биогеохимических моделей (Forest-DNDC). Во-вторых, проводится таксация растений для рассматриваемой территории. В-третьих, возможности идентифицированной флоры сравниваются с представленными уровнями выбросов (рисунок 2). Таким образом, можно легко оценить, требуется ли больше деревьев и кустарников для компенсации локального уровня CO2. При экстраполяции на масштаб всей страны полученные данные могут быть использованы для достижения целевых показателей по сокращению выбросов углерода и обеспечить основу для внутренней и международной торговли выбросами. Аналогичный подход также может быть использован для других неуглеродных источников загрязнения.

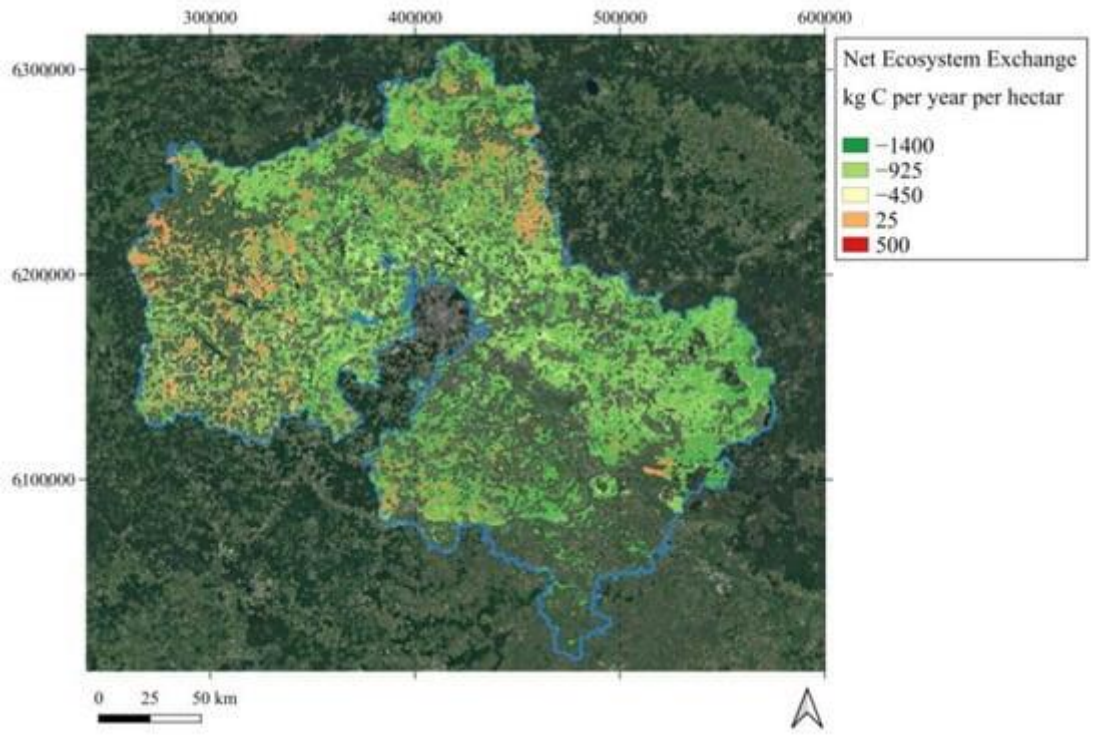
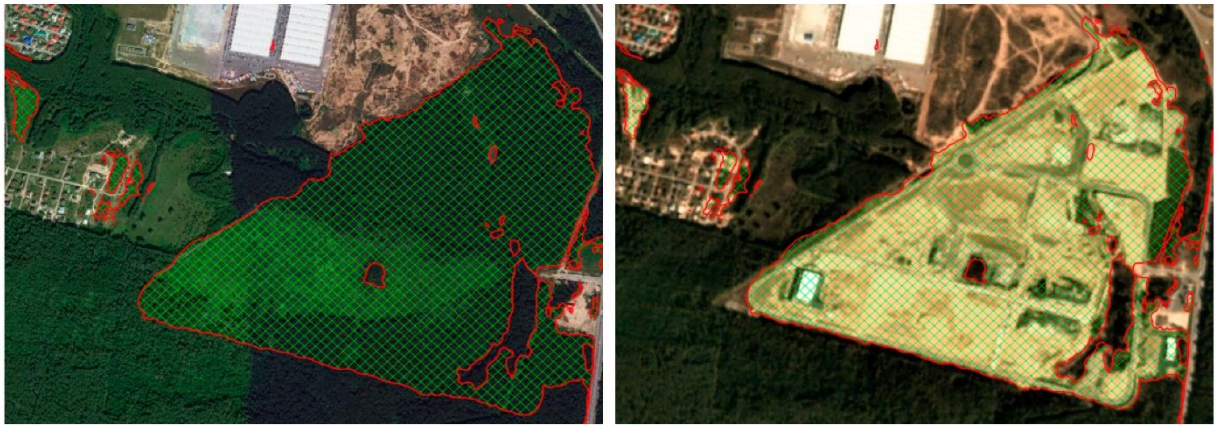


Рисунок 2. Рассчитанные возможности поглощения CO2

В целом, экологическая область является хорошим источником практических кейсов, многие из которых могут быть решены с помощью методов CV. Полученная информация может дать либо базовое представление об объекте исследования, либо использоваться в качестве входных данных для задач прогнозирования или классификации. Поскольку осведомленность об окружающей среде стала решающей в большинстве обществ, в ближайшие годы, вероятно, появится много новых кейсов, подходящих для внедрения инструментов ИИ.

Управление земельными ресурсами и пересмотр кадастров также выигрывают от искусственного интеллекта. Во-первых, спутники предоставляют данные о рассматриваемых городских и сельских районах. Затем на фотографиях идентифицируются и классифицируются различные земельные объекты, такие как поля сельскохозяйственных культур, таунхаусы, парки или промышленные предприятия. Наконец, данные кадастра сравниваются с фактической информацией об объекте, а затем реестр обновляется при необходимости. Усовершенствованные алгоритмы могут расширяться еще больше и предоставлять землевладельцам предложения по различным вариантам последующего развития территории, тем самым улучшая управление активами (рисунок 3). Например, при

оценке планов строительства многоквартирного дома застройщик может использовать инструменты ML для поиска и проверки похожих зданий, чтобы проверить смету строительства и найти лучшую строительную команду или поставщика строительных материалов.



(**a**) (**b**)

Рисунок 3. Освоение земель: (a) до строительства; (b) после строительства

Мониторинг окружающей среды необходим для понимания воздействия деятельности человека на мир, в котором мы живем. Спутниковые технологии приобретают все большее значение в этой области, поскольку они могут помочь ученым и политикам обнаруживать и отслеживать изменения в окружающей среде в режиме реального времени. В настоящее время искусственный интеллект (ИИ) используется для расширения возможностей этих спутниковых систем мониторинга, предлагая более полное и точное представление об окружающей среде.

В последние годы использование искусственного интеллекта для спутникового мониторинга значительно продвинулось вперед. Алгоритмы искусственного интеллекта могут использоваться для обработки огромных объемов данных, собираемых спутниками, помогая быстрее и точнее обнаруживать изменения в окружающей среде. Кроме того, искусственный интеллект может использоваться для выявления закономерностей в данных и предоставления полезной информации об окружающей среде.

Использование спутникового мониторинга, управляемого искусственным интеллектом, также дает ряд преимуществ. Например, искусственный интеллект может помочь ученым лучше понять последствия изменения климата, что позволит им принимать соответствующие меры по защите окружающей среды. Искусственный интеллект также может использоваться для обнаружения изменений в землепользовании, помогая обеспечить устойчивое управление земельными ресурсами. Кроме того, искусственный интеллект может помочь выявлять источники загрязнения и обеспечивать раннее предупреждение о стихийных бедствиях.

В целом, основанные на искусственном интеллекте решения для спутникового мониторинга окружающей среды предлагают ряд преимуществ для ученых, политиков и охраны окружающей среды. Используя возможности искусственного интеллекта, можно осуществлять мониторинг окружающей среды более точно и быстро, что позволяет нам принимать соответствующие меры для защиты планеты.

Литература

1. Прогноз социально - экономического развития Российской Федерации на период до 2024 года /Министерство экономического развития. // Официальный текст опубликован на официальном сайте Министерства экономического развития https://www.economy.gov.ru.

2. Стратегия развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014 - 2020 годы и на перспективу до 2025 год /Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации // Официальный текст опубликован на официальном сайте Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации http://www. digital.gov.ru.

3. Экономическая информатика: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Ю. Д. Романова [и др.]; ответственный редактор Ю. Д. Романова. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 495 с. — Текст: электронный //

Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/426110 (дата обращения: 12.11.2023).

4. Спиридонова, Е. А. Управление инновациями: учебник и практикум для вузов / Е. А. Спиридонова. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 298 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/474270 (дата обращения: 09.11.2023)

5. Информационные системы и технологии в экономике и управлении в 2 ч. Часть 1: учебник для вузов / ответственный редактор В. В. Трофимов. — 5-е изд., перераб., и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 375 с — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/474195 (дата обращения: 09.11.2023).

6. ESG-трансформация как вектор устойчивого развития: В трех томах. /Под общ. ред. К. Е. Турбиной и И. Ю. Юргенса. — М.: Издательство «Аспект Пресс», 2022. — 650 с.: илл.

7. Трубина К.Е., Юргена И.Ю. ESG - трансформация как вектор устойчивого развития. М.: Издательство «Аспект Пресс», 2022. — С. 650

8. Жукова Е.В., Развитие ESG подхода к управлению орагнизацией. М.: Издательство «РУСАЙНС», 2022. — С. 138. URL: https://www.litres.ru

9. Чулок А. А., ESG-трансформация и бизнес-дипломатия. М.: Издательство «МГИМО», 2022. — С. 1932

10. Астафьева О.С., Шевченко Т.В., Развитие ESG – принципов в Российской Федерации и актуальность повышения энергоэффективности зданий. // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7. № 3. 0

11. Информационный портал «Skillbox Media». «Что такое принципы ESG, в чём они полезны бизнесу и как внедрить их в компании» // 2022. References

12. Использование спутников в поддержке устойчивого развития городов / [Электронный ресурс] // ts2.space: [сайт]. — URL: https://ts2.space/ru/использование-спутников-в-поддержке-2/ (дата обращения: 13.02.2023).

13. ИИ и следующее поколение спутникового мониторинга окружающей среды / [Электронный ресурс] // ts2.space: [сайт]. — URL: https://ts2.space/ru/использование-спутников-в-поддержке-2/ (дата обращения: 25.05.2023).

14. Преимущества искусственного интеллекта в спутниковом городском планировании и управлении / [Электронный ресурс] // ts2.space: [сайт]. — URL: https://ts2.space/ru/использование-спутников-в-поддержке-2/ (дата обращения: 15.03.2023)

References

1. Forecast of socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2024 / Ministry of Economic Development. // The official text is published on the official website of the Ministry of Economic Development https://www.economy.gov.ru.

2. Strategy for the development of the information technology industry in the Russian Federation for 2014-2020 and for the future until 2025 / Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the Russian Federation // The official text is published on the official website of the Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the Russian Federation http://www. digital.gov.ru.

3. Economic Informatics: textbook and workshop for undergraduate and graduate studies / Yu. D. Romanova [et al.]; responsible editor Yu. D. Romanova. — Moscow: Yurayt Publishing House, 2019. — 495 p. — Text: electronic // Educational platform Yurayt [website]. — Address: https://urait.ru/bcode/426110 (date of application: 12.11.2023).

4. Spiridonova, E. A. Innovation management: textbook and workshop for universities / E. A. Spiridonova. — Moscow: Publishing House, 2021. — 298 p. — Text: electronic // Transformative platform [website]. — URL: https://urait.ru/bcode/474270 (accessed: 09.11.2023)

5. Information systems and technologies in economics and management in 2 h. Part 1: textbook for universities / Executive editor V. V. Trofimov. — 5th ed., reprint, and add.

— Moscow: Yurayt Publishing House, 2021. — 375 p — Text: electronic // Yurayt Educational platform [website]. — Address: https://urait.ru/bcode/474195 (accessed: 09.11.2023).

6. ESG transcription as a vector of sustainable development: In three volumes. / Under the general editorship of K. E. Turbina and I. Y. Jurgens. — M.: Publishing House "Aspect Press", 2022. — 650 p.: fig.

7. Rubina K.E., Argena I.E. ESG - trans - formation as a vector of sustainable development. Moscow: Publishing house "Expert Pre", 2022. — p. 650

8. Zhukova E.V., The name of the ESG approach to organization management. Moscow: RUSAIN Publishing House, 2022. - p. 138. URL: https://www.litres.ru

9. Chulok A. A., ESG-transnationalization and business diplomacy. Moscow: MGIMO Publishing House, 2022. — p. 1932

10. About Astafiev.S., T. Shevchenko.V., The development of ESU principles in the Russian Federation and the relevance of improving the energy efficiency of buildings. // Moscow Economic Journal. 2022. Vol. 7. No. 3. 0

11. The software product "Skillbox Media". "What are the principles of the ESG, in someone's useful business and how to introduce them into the company" // 2022. Recommendations

12. The use of travelers in supporting sustainable urban development / [Electronic resource] // ts2.space: [website]. — URL: https://ts2.space/ru/использование-спутников-в-поддержке-2 / (accessed: 02/13/2023).

13. AI and subsequent monitoring of the environment motoring satellite / [Electronic resource] // ts2.space: [website]. - URL: https://ts2.space/ru/использование-спутников-в-поддержке-2 / (accessed: 05/25/2023).

14. Downplaying the importance of an intellectual object in the wayfarer urban planning and management / [Electronic resource] // ts2.space: [website]. — URL: https://ts2.space/ru/использование-спутников-в-поддержке-2 / (accessed: 03/15/2023).