

ГЕОДЕЗИЯ / GEODESY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.64>

**МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Научная статья

**Гирич К.Г.<sup>1</sup>\*, Столбов Ю.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Евраз объединенный западно-сибирский металлургический комбинат, проект «Реконструкция Таштагольского рудника», Таштагол, Российская Федерация

<sup>2</sup> Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (Bukly91[at]mail.ru)

**Аннотация**

Данная статья посвящена тематике разработке новых технологий геодезического мониторинга инженерных сооружений и природных объектов с применением методов геодезии и дистанционного зондирования. Выделена проблема значительной стоимости осуществления мониторинга земель под строительство инженерных сооружений и строительство нефтеперерабатывающих заводов из-за высокого пространственного различия. Объектом исследования являются методы мониторинга земель под строительство инженерных сооружений и строительство нефтеперерабатывающих заводов. Цель статьи – исследование возможностей мониторинга земель с использованием методов дистанционного зондирования, геоинформационных технологий и беспилотных летательных аппаратов. В результате проведения исследований по интеграции методов дистанционного зондирования, геоинформационных технологий и беспилотных летательных аппаратов в мониторинге земель и природных объектов, земель, которые в дальнейшем рассматриваются под строительство инженерных сооружений и строительство нефтеперерабатывающих заводов рекомендуется вовлечение в процесс мониторинга земельных ресурсов и зеленых насаждений предложенного подхода с выполнением регулярных съемок с беспилотного летательного аппарата для объектов земельных ресурсов и зеленых насаждений. На основании проведенных исследований впервые предложена мультифункциональная структура системы мониторинга земельных ресурсов и зеленых насаждений и рекомендовано проведение цифровой трансформации процесса мониторинга состояния земельных ресурсов и зеленых насаждений, которые в дальнейшем рассматриваются под строительство инженерных сооружений и строительство нефтеперерабатывающих заводов. Приведенные исследования свидетельствуют о необходимости внедрения регулярного автоматизированного мониторинга состояния земельных ресурсов и зеленых насаждений с привлечением возможностей методов дистанционного зондирования с применением беспилотных летательных аппаратов.

**Ключевые слова:** геодезический мониторинг, земли, природные объекты, дистанционное зондирование, беспилотные летательные аппараты.

**LAND MONITORING WITH REMOTE SENSING AND GEO-INFORMATION TECHNOLOGIES**

Research article

**Girich K.G.<sup>1</sup>\*, Stolbov Y.V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Evraz United West Siberian Iron and Steel Works, project "Reconstruction of the Tashtagol mine", Tashtagol, Russian Federation

<sup>2</sup> Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russian Federation

\* Corresponding author (Bukly91[at]mail.ru)

**Abstract**

This article is dedicated to the development of new technologies for geodetic monitoring of engineering structures and natural objects using geodesy and remote sensing methods. The problem of significant cost of monitoring land for construction of engineering structures and construction of oil plants has been allocated due to high spatial distinction. The object of the study is methods of monitoring land for the construction of engineering structures and the construction of oil plants. The article studies the possibilities of land monitoring using remote sensing, geoinformation technologies and unmanned aerial vehicles. As a result of the research on the integration of remote sensing techniques, geoinformation technologies and unmanned aerial vehicles in the monitoring of land and natural objects, It is recommended that the proposed approach should be included in the monitoring of land and green spaces and that regular surveys be carried out with unmanned aerial vehicle for land resources and green spaces. On the basis of the conducted studies, for the first time a multifunctional structure of the system for monitoring land resources and greenery is proposed, and it is recommended to make a digital transformation of the process of monitoring the state of land and green plants, which are then considered for the construction of engineering facilities and the construction of oil plants. The studies indicated the necessity for the implementation of regular automated monitoring of the state of land and green spaces, using remote sensing techniques and unmanned aerial vehicles.

**Keywords:** geodetic monitoring, land, natural objects, remote sensing, unmanned aerial vehicles.

**Введение**

Учитывая основное значение земли как национального богатства, государство обеспечивает охрану ее правовыми, организационными и экономическими методами. Охрана земельных ресурсов невозможна без периодического определения показателей их состояния и качества с целью принятия соответствующих организационных и

экономических мер. Изучение состояния земельных ресурсов проводят путем проведения мониторинга – системы наблюдения с целью своевременного выявления изменений, их оценки, предотвращения и ликвидации последствий негативных процессов [1].

Обеспечение требований устойчивого развития земельных ресурсов и зеленых насаждений в населенных пунктах России возможно только при наличии отлаженной системы регулярных наблюдений и наличия инструментария анализа полученных данных относительно выявленных изменений и информативных способов представления полученных результатов. Такой подход требует четкой системы наблюдений для оценки, изучения динамики и особенностей изменений земельных ресурсов и зеленых насаждений, их охраны и защиты для повышения экологических, эстетических и санитарно-гигиенических функций, а также прогнозирования их состояния с целью обоснования и принятия решений в сфере использования их в дальнейшем под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов. Актуальность исследования состоит в необходимости регулярно получать достоверную и актуальную информацию о перечисленных критериях [1], которая соответствует международной практике, с целью устойчивого управления земельными ресурсами, предназначенными под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов.

По состоянию на сегодняшний день увеличение интереса к базам данных аэрокосмического геоинформационного мониторинга земельных ресурсов и зеленых насаждений и автоматической их обработки свидетельствует о необходимости усовершенствования имеющейся методики инвентаризации земельных ресурсов и зеленых насаждений для нужд их геоинформационного мониторинга путем использования современных методов получения, передачи, обработки и хранения информации.

В то же время ученые [3], [4], [5] рекомендуют использовать комплексный подход к мониторингу земельных ресурсов и зеленых насаждений, которые в дальнейшем рассматриваются под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов путем привлечения как современных методов сбора, обработки и анализа информации, и традиционных наземных методов обследований. Самым эффективным решением для сбора различных данных об объектах земельных ресурсов и зеленых насаждений, которые нужно рационально организовать и представить в процессе мониторинга, является создание ГИС с базой данных по результатам инвентаризации земельных ресурсов и зеленых насаждений, которые в дальнейшем рассматриваются под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов, которая позволяет проводить анализ изменений исследуемой территории и систематизацию полученной информации [6], [7]. Как свидетельствуют результаты отдельных исследований [8], спутниковые снимки высокого пространственного разрешения могут служить важным и достоверным источником информации о состоянии земельных ресурсов и зеленых насаждений. Они позволяют получать оперативную информацию о значительных площадях территорий, в достаточно короткие сроки перерабатывать ее с помощью ГИС и осуществлять актуализацию таксационных и картографических материалов для обновления реестра данных.

Проведение теоретического анализа по проблеме исследования позволило показать, что весьма актуальным и востребованным направлением использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является мониторинг земель с использованием методов дистанционного зондирования и геоинформационных технологий [3]. Одним из способов преодоления приведенных недостатков является использование БПЛА для осуществления регулярной дистанционной съемки земельных ресурсов и зеленых насаждений. В практике лесного хозяйства предприняты попытки по использованию БПЛА для определения вегетационного индекса, подсчета количества пород, установление границ таксационных выделений, а также других полевых опытов и мониторинга [3]. Исследование авторов свидетельствуют, что фотограмметрический подход к измерению высоты деревьев с помощью БПЛА является достаточно практичным способом для интенсивного мониторинга состояния земельных ресурсов и зеленых насаждений и требует внимания дальнейшего изучения и исследования [5].

### **Материалы и методы исследования**

Цель данной статьи – исследование возможностей мониторинга земель с использованием методов дистанционного зондирования и геоинформационных технологий.

Материалами исследования являются научные и практические исследования по проблематике мониторинга земель под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов с использованием современных технологий и методов. Методами исследования выступают обобщение, систематизация и анализ научной и практической литературы по проблематике исследования.

### **Основные результаты**

Дистанционный мониторинг состояния природных объектов и зеленых насаждений, которые в дальнейшем рассматриваются под строительство инженерных сооружений и строительство нефтеперерабатывающих заводов, позволяет своевременно выявлять изменения, произошедшие с земельными ресурсами растительностью за определенный промежуток времени в автоматизированном режиме. Современный мониторинг земель, который в дальнейшем рассматриваются под строительство инженерных сооружений и строительство нефтеперерабатывающих заводов, нуждается в немедленных мерах по его совершенствованию на основе автоматизации и применения компьютерных технологий САПР и ГИС, а также БПЛА [8].

Материалы дистанционного зондирования с применением БПЛА в этом случае могут применяться как документальная база для обоснования проведения мероприятий по упорядочению земельных ресурсов и зеленых насаждений, а также для дальнейшего рассмотрение их под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов.

В последние годы достижения в сфере создания и развития информационных технологий, технологий обработки, хранения, интерпретации пространственной информации значительно увеличили количество и масштабность задач, решаемых с помощью ГИС.

Полученные материалы дистанционного зондирования обрабатываются на современном аппаратном и программном обеспечении с использованием ГИС. Среди основных программных продуктов, использующих ГИС-технологии, можно назвать, например: ArcViewGIS, Mapinfo GIS-Panorama. С помощью данных программ выполняется анализ материалов дистанционного зондирования, заключающийся в повышении вероятности и правильного распознавания информации на этапе их обработки, повышении степени достоверности моделей природных систем и процессов и однозначной интерпретации информации исследуемых объектов [3].

Анализ научных публикаций позволяет выделить несколько этапов при разработке ГИС по мониторингу земельных ресурсов, которые в дальнейшем рассматриваются под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов [9]:

- 1) анализ требований к геоинформационной системе мониторинга земель;
- 2) разработка геоинформационной системы;
- 3) наполнение ГИС мониторинга земель данными, включающими сбор и обработку первичных данных, поскольку результат напрямую зависит от качества исходного материала;
- 4) мониторинг, анализ, прогнозирование, что позволит провести качественный и многогранный ГИС-анализ, который охватит все показатели и факторы местности и может способствовать прогнозу развития явлений и показателей на основе статистических операций различной сложности;
- 5) поддержка принятия решений по рациональному использованию территорий.

В то же время для поддержки мониторинга земельных ресурсов и зеленых насаждений требуется система анализа пространственной информации, которая способна обеспечить ввод, согласование, проработку, анализ и представление результата в сравнение регулярных наблюдений. При упомянутых условиях для организации такой системы актуальным является необходимость разработки ее концептуальных основ вместе с исследованием прикладных возможностей для отслеживания изменений, анализа направлений и тенденций относительно состояния, площадей и показателей зеленых насаждений на объектах благоустройства [10].

Для решения данной проблемы требуется проведение регулярных аэрофото- или космических съемок (не реже одного раза в пять лет) для территорий населенных пунктов. Такой подход позволит оптимизировать процесс получения материалов дистанционного зондирования земельных ресурсов и зеленых насаждений, выполнять съемки в соответствии с запланированным временем и маршрутом, а также получать картографическую информацию в высоком качестве, точности и детализации. На основании проведенных исследований целесообразно обратить внимание на мультифункциональную структуру системы мониторинга земель, которые в дальнейшем рассматриваются под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов, с определением ее территориальных и временных уровней способов и методов проведения, а также ответственности за выполнение и сферы применения результатов посредством БПЛА.

Тем не менее современная система земельных ресурсов и зеленых насаждений не может базироваться на имеющихся подходах с использованием большой доли ручного труда в процессе сопоставления и анализа разновременных данных регулярных наблюдений. Учитывая достаточно большие массивы входной информации относительно состояния земельных ресурсов и зеленых насаждений, которые в дальнейшем рассматриваются под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов, этот процесс должен подлежать обязательной автоматизации с максимальной проработкой выявления изменений показателей, параметров и качеств с помощью программных средств, подготовкой аналитических данных компьютерными методами и формулировкой выводов квалифицированными специалистами. В связи с этим необходимо провести цифровую трансформацию системы дистанционного зондирования земельных ресурсов и зеленых насаждений путем ее перевода в электронный формат.

Для определения основных типов грунтов на тестовых участках мониторинга земель под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов применен метод спектральной обработки использованием снимков, близких к гиперспектральным (KA Terra (Modis)), и создана тематическая карта грунтов тестовых участков (рис. 1).

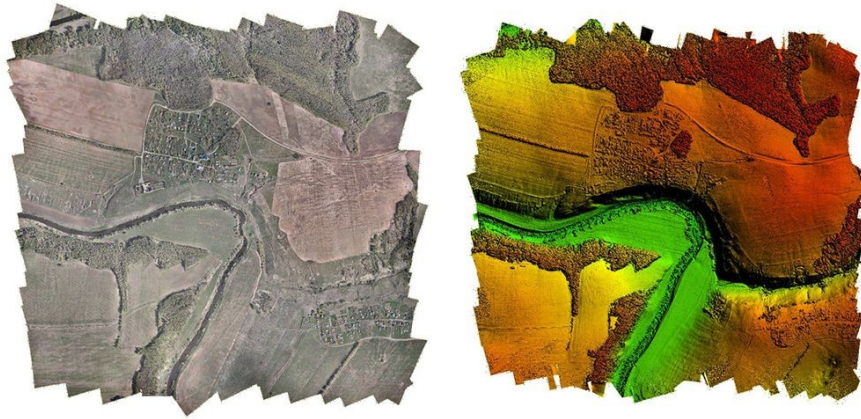


Рисунок 1 - Тематическая карта почв тестовых участков земель по данным КА Terra  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.64.1>

*Примечание: Modis*

Исследование рельефа тестовых участков с помощью БПЛА устройства включает анализ на основе снимков БПЛА и проведенных измерений GPS приемником MAGELLAN, при этом на тестовых участках создана цифровая модель рельефа (рис. 2), электронные карты и определенные точные площади полей, что позволяет:

- зрительно оценивать рельеф;
- способствовать изучению и прогнозированию неблагоприятных процессов при строительстве инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов;
- планировать и оценивать эффективность принятых мер.

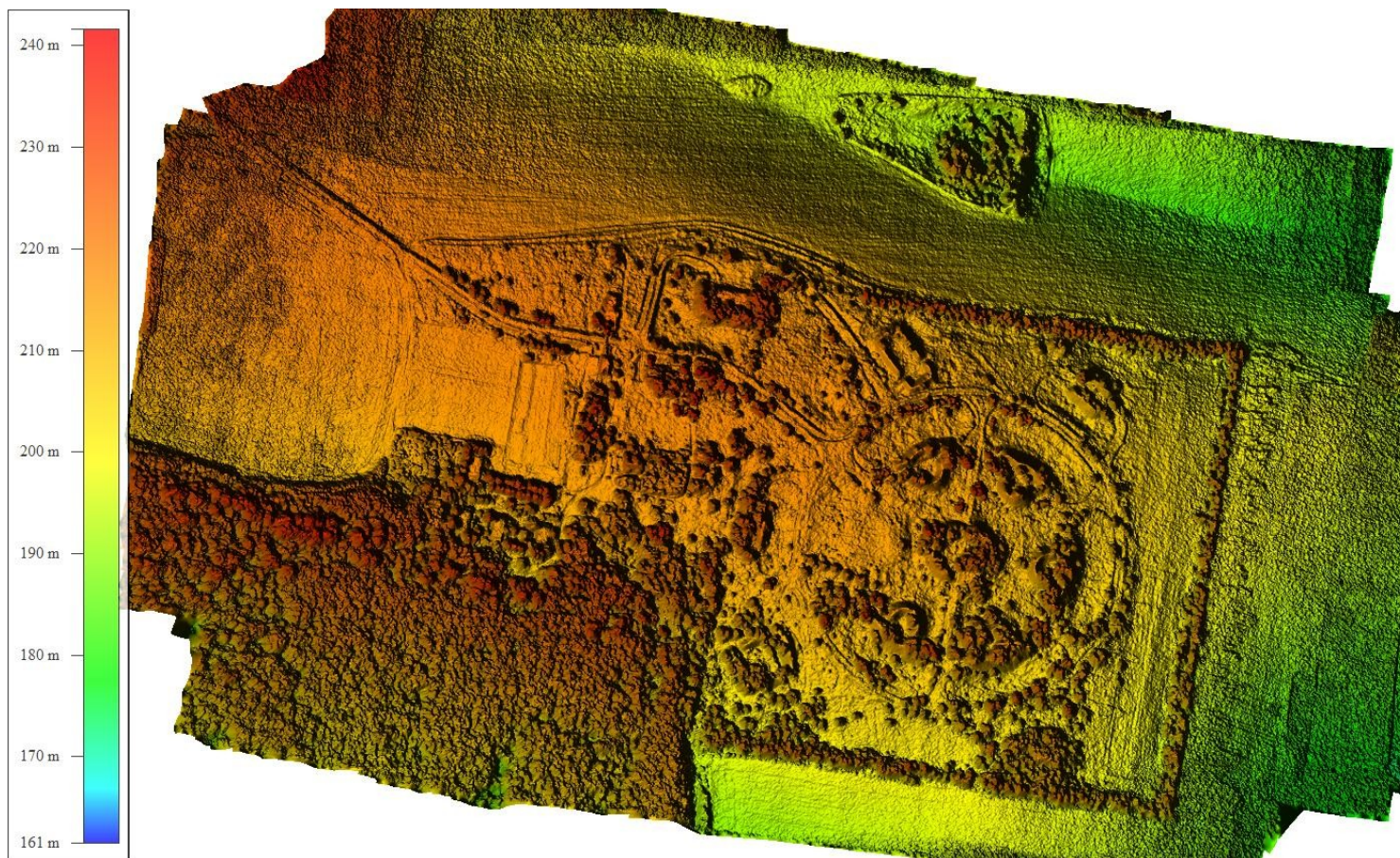


Рисунок 2 - Цифровая модель рельефа  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.64.2>

Научная новизна проведенных исследований состоит в том, что разработанный подход позволяет обеспечить выполнение современных требований по цифровой трансформации процессов дистанционного зондирования земельных ресурсов и зеленых насаждений, которые в дальнейшем рассматриваются под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов, ускорить и улучшить качество выполнения мониторинга их состояния. При этом требования системного подхода к организации процесса упорядочения земельных ресурсов и зеленых насаждений обеспечиваются путем учета результатов разновременных исследований земельных ресурсов и зеленых насаждений с целью улучшения качества проведения организационных и хозяйственных мероприятий, создания возможного для принятия своевременных и обоснованных управленческих решений и отслеживания нарушений состояния растительности.

Практическая новизна предложенного подхода с использованием методов дистанционного зондирования, геоинформационных технологий и беспилотных летательных аппаратов в рамках изучения возможностей мониторинга земель позволит проводить определение основных типов грунтов на тестовых участках мониторинга земель под строительство инженерных сооружений и нефтеперерабатывающих заводов.

### **Заключение**

Таким образом, проблематика мониторинга земель инженерных сооружений и природных объектов с использованием методов дистанционного зондирования и геоинформационных технологий в новых реалиях применения становится весьма актуальной.

Приведенные исследования свидетельствуют о целесообразности внедрения регулярного мониторинга в комплексном сочетании с системой их инвентаризации и упорядочения. В то же время для усовершенствования, ускорения и улучшения качества наблюдений необходимо использование материалов дистанционного зондирования, которые в дальнейшем прорабатываются в автоматизированной электронной системе геоинформационного мониторинга дистанционного зондирования земельных ресурсов и зеленых насаждений. Предложенный подход должен обеспечить качественные изменения в процессе упорядочения земельных ресурсов и зеленых насаждений, а именно улучшение качества проведения организационных и хозяйственных мероприятий, благодаря регулярному мониторингу их состояния с исследованием причин изменений земельных ресурсов и зеленых насаждений, обоснованием управленческих решений и отслеживанием нарушений состояния растительности. Функционирование подобной системы на общегосударственном уровне должно обеспечить национальную информационную систему данными о состоянии земельных ресурсов и зеленых насаждений, которые будут совместимы с аналогичными структурами других стран.

### **Конфликт интересов**

Не указан.

### **Рецензия**

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### **Conflict of Interest**

None declared.

### **Review**

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### **Список литературы / References**

1. Федосеева Н.А. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов / Н.А. Федосеева, М.В. Загвозкин // Научный журнал. — 2017. — 9(22). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnyye-oblasti-primeneniya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov> (дата обращения: 06.01.2023).
2. Вдовенко А.В. Использование инновационных технологий в целях мониторинга земель / А.В. Вдовенко, В.А. Вдовенко, П.И. Егоров [и др.] // МНИЖ. — 2022. — 1-1 (115). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-innovatsionnyh-tehnologiy-v-tselyah-monitoringa-zemel> (дата обращения: 13.02.2023).
3. Липина Л.Н. Состояние изученности вопроса геоинформационных технологий в решении экологических задач: Проблемы комплексного освоения георесурсов / Л.Н. Липина, В.И. Усиков // Материалы VI Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых. — 2017. — С. 205-210.
4. Вдовенко А.В. Использование инновационных технологий в целях мониторинга земель / А.В. Вдовенко, В.А. Вдовенко, П.И. Егоров [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — 2022. — 1 (115).
5. Вдовенко А.В. Использование беспилотных летательных аппаратов для кадастровой съемки в зимний период / А.В. Вдовенко, И.В. Кудинов // Материалы секционных заседаний 58-й студенческой научно-практической конференции ТОГУ. — 2018. — С. 339-342.
6. Бабашкин Д.В. Сравнение эффективности аэрофототопографической съемки с использованием беспилотных и пилотируемых авиационных систем / Д.В. Бабашкин, С.А. Кадничевский, С.С. Нехин. — М.: ГРОМ, 2017. — 14 с.
7. Дуброва Ю.Н. Геоморфометрический анализ рельефа территории Горецкого района с использованием данных дистанционного зондирования / Ю.Н. Дуброва, Т.Н. Мысльва, Т.Н. Ткачева // Вестник БГСХА. — 2021. — 1. — С. 209-216.
8. Мысльва Т.Н. Использование функциональных возможностей ГИС и данных дистанционного зондирования для мониторинга и картографирования мелиорированных земель / Т.Н. Мысльва, Ю.Н. Дуброва, А.С. Кукреш [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. — 2022. — 1. — URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-funktSIONal'nyh-vozmOzhnostey-gis-i-dannyh-distantsionnogo-zondirovaniya-dlya-monitoringa-i-kartografirovaniya> (дата обращения: 14.02.2023).

9. Kemmouche A. Mapping of Bultup Area Density from Satellite Images Using Morphological Granulometries / A. Kemmouche, R. Khedam, C. Mering // ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS. — 2010. — Vol. XXXVIII. — Pt. 7A. — P. 94-99.

10. Липина Л.Н. Мониторинг нарушенных земель с использованием геоинформационных технологий (на примере Еврейской автономной области) / Л.Н. Липина, И.Ю. Трофимов, Ю.В. Кононов [и др.] // МНИЖ. — 2021. — 11-2 (113). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-narushennyh-zemel-s-ispolzovaniem-geoinformatsionnyh-tehnologiy-na-primere-evreyskoy-avtonomnoy-oblasti> (дата обращения: 13.02.2023).

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Fedoseeva N.A. Perspektivnye oblasti primeneniya bespilotnyh letatel'nyh apparatov [Perspective Areas of Application of Unmanned Aerial Vehicles] / N.A. Fedoseeva, M.V. Zagvozhkin // Nauchnyj zhurnal [Scientific Journal]. — 2017. — 9(22). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-oblasti-primeneniya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov> (accessed: 06.01.2023). [in Russian]

2. Vdovenko A.V. Ispol'zovanie innovacionnyh tekhnologij v celyah monitoringa zemel' [The Use of Innovative Technologies for Land Monitoring] / A.V. Vdovenko, V.A. Vdovenko, P.I. Egorov [et al.] // MNIZH [IRJ]. — 2022. — 1-1 (115). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-innovatsionnyh-tehnologiy-v-tselyah-monitoringa-zemel> (accessed: 13.02.2023). [in Russian]

3. Lipina L.N. Sostoyanie izuchennosti voprosa geoinformacionnyh tekhnologij v reshenii ekologicheskikh zadach: Problemy kompleksnogo osvoeniya georesursov [State of the Science of Geoinformation Technologies in the Solution of Environmental Problems: Problems of Integrated Exploitation of Georesources] / L.N. Lipina, V.I. Usikov // Materialy VI Vserossijskoj nauchnoj konferencii s uchastiem inostrannyh uchenykh [Proceedings of the VI All-Russian Scientific Conference with the participation of foreign scientists]. — 2017. — P. 205-210. [in Russian]

4. Vdovenko A.V. Ispol'zovanie innovacionnyh tekhnologij v celyah monitoringa zemel' [Use of Innovative Technologies for Land Monitoring] / A.V. Vdovenko, V.A. Vdovenko, P.I. Egorov [et al.] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2022. — 1 (115). [in Russian]

5. Vdovenko A.V. Ispol'zovanie bespilotnyh letatel'nyh apparatov dlya kadaastrovoj s'emki v zimnij period [The Use of Unmanned Aerial Vehicles for Cadastral Survey in Winter] / A.V. Vdovenko, I.V. Kudinov // Materialy sekcionnykh zasedanij 58-j studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii TOGU [Materials of section sessions of the 58th Student Scientific and Practical Conference of TOSU]. — 2018. — P. 339-342. [in Russian]

6. Babashkin D.V. Sroavnenie effektivnosti aerofototopograficheskoy s'emki s ispol'zovaniem bespilotnyh i pilotiruemykh aviacionnykh sistem [Comparison of the Efficiency of Aerial Photography Using Unmanned and Manned Aviation Systems] / D.V. Babashkin, S.A. Kadnischevsky, S.S. Nekhin. — M.: GROM, 2017. — 14 p. [in Russian]

7. Dubrova Yu.N. Geomorfometricheskij analiz rel'efa territorii Goreckogo rajona s ispol'zovaniem dannyh distantsionnogo zondirovaniya [Geomorphometric Analysis of the Relief of the Territory of the Gorki District Using Remote Sensing Data] / Yu.N. Dubrova, T.N. Myslyva, T.N. Tkacheva // Vestnik BGSKHA [Bulletin of BSSKHA]. — 2021. — 1. — P. 209-216. [in Russian]

8. Myslyva T.N. Ispol'zovanie funkcion'al'nyh vozmOzhnostej GIS i dannyh distantsionnogo zondirovaniya dlya monitoringa i kartografirovaniya meliorirovannykh zemel' [Using the Functionality of GIS and Remote Sensing Data for Monitoring and Mapping Reclaimed Lands] / T.N. Myslyva, Yu.N. Dubrova, A.S. Kukresh [et al.] // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy]. — 2022. — 1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-funktSIONal'nyh-vozmOzhnostey-gis-i-dannyh-distantsionnogo-zondirovaniya-dlya-monitoringa-i-kartografirovaniya> (accessed: 14.02.2023). [in Russian]

9. Kemmouche A. Mapping of Bultup Area Density from Satellite Images Using Morphological Granulometries / A. Kemmouche, R. Khedam, C. Mering // ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS. — 2010. — Vol. XXXVIII. — Pt. 7A. — P. 94-99.

10. Lipina L.N. Monitoring narushennykh zemel' s ispol'zovaniem geoinformacionnyh tekhnologij (na primere Evrejskoj avtonomnoj oblasti) [Monitoring of Disturbed Lands Using Geoinformation Technologies (on the example of the Jewish Autonomous Region)] / L.N. Lipina, I.Yu. Trofimov, Yu.V. Kononov [et al.] // MNIZH [IRJ]. — 2021. — 11-2 (113). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-narushennyh-zemel-s-ispolzovaniem-geoinformatsionnyh-tehnologiy-na-primere-evreyskoy-avtonomnoy-oblasti> (accessed: 13.02.2023). [in Russian]