

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ КАК ИНСТРУМЕНТА МОНИТОРИНГА В СФЕРЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Торбенко А.Б., Буйко Д.В., Новиков Д.В., Селезнева А.В

Витебский государственный университет имени П.М. Машерова

E-mail: torbenko_a@mail.ru

Преимущества использования дистанционных аэрокосмических методов мониторинга состояния территориальных комплексов и связанных с ними технологий анализа информации не вызывают сегодня сомнений ни у кого. Однако, применение спутников и пилотируемой авиации имеет ряд ограничений и недостатков, особенно если речь идет об относительно небольших территориях размером от нескольких десятков до нескольких тысяч гектар. Среди них можно назвать высокую стоимость, высокую степень зависимости от погодных условий, малое разрешение и зачастую невысокое качество съемки доступной к использованию, периодичность наблюдений, определяемую орбитальными параметрами и режимом полетов, а не практической необходимостью и т. д. Для решения указанных проблем в рамках мониторинга охраняемых территорий, сельскохозяйственных земель, лесного хозяйства и других сфер природопользования наиболее приемлемым вариантом сегодня является применение беспилотных комплексов.

При довольно большом разнообразии БЛА, основная часть материалов, посвященная их использованию содержит сегодня технические характеристики, описание возможностей навесного оборудования, руководства по эксплуатации. При этом практически отсутствуют методические материалы по решению конкретных прикладных задач. Так, при мультиспектральной съемке некоторые беспилотные комплексы могут генерировать карты NDVI. Можно найти определение и подробное описание этого вегетационного индекса, ряд коммерческих сервисов даже предлагает мониторинговые услуги по отслеживанию уровня данного показателя. Но методических рекомендаций по интерпретации полученных дроном данных, снижению искажающего влияния внешних факторов, подбору наилучших параметров полетного задания в зависимости от объекта мониторинга практически нет.

Конечной целью данной работы является разработка рекомендаций по осуществлению беспилотного мониторинга состояния территориальных комплексов подверженных различной степени антропогенного воздействия.

В процессе исследований решались следующие задачи:

- изучение наработок в сфере использования БЛА для мониторинговых работ в области природопользования и разработка программы исследований по основным направлениям (сельское хозяйство, охрана природы, динамика экосистем и др.).

- определение оптимальной структуры программно-аппаратного комплекса дистанционного беспилотного мониторинга, как основы разрабатываемых методических рекомендаций

- проведение полевых исследований с целью накопления фактических данных для определения реальных технических и аналитических возможностей беспилотных систем и специализированного ПО в области мониторинга сельскохозяйственных угодий, а также разработка рекомендаций по использованию БПЛА и специализированного ПО в области мониторинга сельскохозяйственных угодий.

Однако, при выполнении исследований была проведена некоторая корректировка, и усилия, при соблюдении общего порядка работ, были сконцентрированы на определении оптимальной структуры программно-аппаратного комплекса дистанционного беспилотного мониторинга и проведении полевых исследований с целью накопления

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

фактических данных для определения реальных технических и аналитических возможностей беспилотных систем и специализированного ПО в области мониторинга не только сельскохозяйственных угодий, но и охраняемых территорий.

Объектом исследования были определены территориальные природные и природно-антропогенные комплексы Северной части Республики Беларусь, а предметом – возможности мониторинга их состояния с помощью беспилотных комплексов. В связи с этим значительное внимание пришлось уделить вопросам, связанным с изменениями в конце 2022 года законодательства в области использования БЛА над территорией Республики Беларусь, в том числе и в области природопользования.

Материалы, методы, оборудование. *Беспилотный комплекс.* Выбор беспилотника определяется комплексом предполагаемых к решению задач и площадью проводимых работ. При системной работе на площади менее 2000 га наиболее подходящим из всего спектра доступных на современном рынке Беларуси является БПЛА DJI Phantom (Pro или Multispectral в зависимости от решаемых задач). На наш взгляд, дрон с мультиспектральной камерой в целях мониторинга в сфере природопользования предпочтительнее. Мониторинг земель общей площадью более 2000 га предполагает использование более мощных моделей либо нескольких дронов типа Phantom.

Летные характеристики БЛА идеально подходят для мониторинговых работ в северной части страны, где сложный рельеф и мелкоконтурность угодий определяют малые размеры участков, обрабатываемых в ходе одного полетного задания. Кроме того, в свете последних изменений нормативно-правового использования дронов в Беларуси, эта модель является лучшим решением в классе аппаратов, допущенных к открытой категории полетов [1].

Наличие модуля RTK позволяет использовать комплекс также для высокоточного картирования территорий, использования БЛА в системе технологий точного земледелия и т.д. При подключении модуля точность съемки составляет по вертикали – $\pm 0,1$ м, по горизонтали – $\pm 0,1$ м. Но даже без использования RTK точность позиционирования достаточна для решения большинства мониторинговых задач.

Практика полевых работ показала, что получение качественных изображений и ортофотопланов с разрешением ≈ 5 см/пиксель в течение рабочего дня при нормальных погодных условиях с производительностью около 200 га/день возможно при использовании 6-8 аккумуляторов, высоте съемки 80-100 м и степени фронтального/латерального наложения кадров $\approx 80/70$ %.

Программное обеспечение. Проведенные исследования позволяют сделать выводы о предпочтительных программных продуктах, используемых на каждом этапе дистанционного мониторинга в сфере природопользования. Этап формирования полетных заданий и проведения съемки необходимо обеспечивать с помощью ПО производителя беспилотного комплекса. В случае Phantom4Multispectral это DJI GS Pro. Программа является multifunctionальной и в случае наличия коммерческой лицензии позволяет проводить весь комплекс работ от планирования и проведения полетов разного назначения, до анализа полученной информации. Однако, даже в формате free программа позволяет формировать и контролировать полетные задания стандартного назначения (площадная съемка, полет по точкам, полет в ручном режиме). Исходя из реальных условий этого достаточно для обеспечения 1 стадии работ. Именно во free версии DJI GS Pro устанавливаются важнейшие параметры, такие как высота полета, разрешение и перекрытие съемки.

Этап фотограмметрической обработки данных качественно обеспечивается только коммерческими вариантами ПО, среди которых наиболее подходящим по комплексу параметров по нашему мнению оказался программный продукт российской компании Agisoft Metashape Professional. Данное ПО позволяет выполнить в полном объеме работы по созданию ортофотопланов, ЦММ и 3-D моделирования [2]. Однако, общая стоимость программного пакета даже в образовательной версии составляет более 550 \$, что

предполагает поручение выполнения этой части работ для большинства пользователей профессиональным исполнителям.

Этап аналитической обработки данных в полном объеме можно осуществить на базе бесплатной геоинформационной платформы с открытым программным кодом QGIS с подключенным модулем обработки растровых данных SAGA GIS [3]. Платформа позволяет выполнять полный спектр задач по геоинформационному анализу данных, необходимый в рамках осуществления мониторинговых и близких по сути задач в сфере природопользования (оцифровка, построение карт вегетационных индексов, профилирование и т.д.).

Нормативно-правовая основа использования БЛА в природопользовании. В октябре 2022 года был принят временный регламент по порядку государственного учета и эксплуатации гражданских беспилотных летательных аппаратов [4, 5]. Согласно этому документу, вводится обязательная регистрация БЛА и получение удостоверения оператора БЛА для использующих дроны. Кроме того, определены классификация полетов и беспилотников, введены нормы определяющие возможности использования БЛА для тех или иных целей. Нововведения серьезным образом скажутся на методике использования коптеров и в сфере природопользования. В связи с этим разрабатываемые нами подходы к использованию дистанционных методов в природопользовании после анализа новой ситуации, были приведены в соответствие с наиболее актуальным вариантом нормативно-правовой базы Республики Беларусь.

Результаты исследований. *Охраняемые территории.* С точки зрения организации охраны ООПТ и регулирования землепользования первостепенной задачей является точное картирование их территории и определение наиболее ценных объектов охраны. Несмотря на то, что уровень возможностей и инструментарий картографии сегодня во много раз выше, чем раньше, точность отрисовки контуров географических объектов и границ ООПТ, в частности, даже в официальных источниках кадастровой информации оставляет желать лучшего.

Наиболее подробно нами был обследован Витебский заказник. Большую часть работ составляли полевые исследования с целью накопить материал для качественного дешифрирования отснятого материала. Кроме того, была проведена тщательная работа по изучению материалов последнего лесоустройства (2014), данных, касающихся заказника в Витебском областном комитете природных ресурсов и охраны окружающей среды, карт Земельно-информационной системы Республики Беларусь.

Ботанический заказник местного значения «Витебский» был создан в 1982 году (Решение Витебского РИК № 380 от 01.12.82 г.) на восточной окраине г. Витебска, в лесных кварталах Витебского (ныне Вороновского) лесничества для охраны ценных лесных насаждений и редких растений на площади 144 га. В 2009 году преобразован в биологический заказник местного значения (на площади 158 га) (Решение Витебского РИК № 343 от 03.03.2009 г.).

В настоящее время заказник расположен на территории Туловского сельсовета в Витебском районе Витебской области и имеет три участка. Однако, данные о современной территории заказника по материалам различных источников расходятся. Так, по данным действующего Решения Витебского РИК площадь заказника «Витебский» составляет 158 га, по материалам Витебского облкомитета природных ресурсов и охраны окружающей среды - 150,8 га, а в Земельно-информационной системе Республики Беларусь (Реестр АТЕ и ТЕ) всего – 98,75 га. Причиной тому может быть отсутствие в течение более 10 лет научных исследований на указанной территории, а также высокая хозяйственная активность по границам заказника, что в свою очередь привело к изменению реальной площади трех лесных массивов и охраняемой их части. В связи с отсутствием четких данных о площади и границах заказника в своих исследованиях мы опирались на границы последнего лесоустройства 2014 года, современных картографических материалах,

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

имеющихся в открытом доступе, официальной информации из Областного комитета природных ресурсов и полевых наблюдениях.

Исходя из вышесказанного нами исследовались 3 лесных участка расположенных в 123 (участок 1), 124 и 125 (участок 2), 126 и 127 (участок 3) кварталах Вороновского лесничества государственного лесохозяйственного учреждения «Витебский лесхоз». Общая территория ООПТ в данных границах составляет 145,49 га.

Рельеф заказника на всех участках холмисто-моренный, имеются овраги. Почвы дерново-подзолистые на вершинах моренных гряд и склонах, торфяно-болотные в понижениях. Территория характеризуется близким уровнем залегания грунтовых вод, по склонам оврагов выходы ключей. По дну оврагов протекают ручьи.

Доминирующим типом растительности заказника являются леса, которые занимают 100 % площади и представлены типичными для региона хвойно-широколиственными формациями с соответствующим подлеском и напочвенным травяным покровом. Также имеются фрагменты производных мелколиственных лесов, возникших на месте вырубленных коренных. Здесь сильно выражено антропогенное воздействие. За последние 10 лет неоднократно производились выборочные санитарные рубки.

К заказнику прилегают сельхозугодья и транспортные коммуникации и городская свалка. Близость города Витебска и сельских населенных пунктов, несомненно, сказывается на разнообразии обитающих здесь наземных позвоночных животных.

На прилегающих землях осуществляется сельскохозяйственное производство Витебским зональным институтом сельского хозяйства. Территория окружена достаточно развитой сетью грунтовых дорог и дорог, связывающая населенные пункты, расположенные вокруг заказника, а также шоссе Витебск – Смоленск. В непосредственной близости располагается озеро Туловское. Таким образом, территория ООПТ характеризуется хорошей транспортной доступностью и сильной антропогенной нагрузкой. Основными видами природопользования на территории заказника являются лесохозяйственная и рекреационная деятельность.

Таким образом, полевые исследования территории заказника, позволяют сделать вывод, что наибольшую угрозу сохранности экосистем несут рекреационная нагрузка и сплошные санитарные рубки. Кроме того, отмечена высокая замусоренность лесных массивов и окрестностей. Наблюдается также усыхание елей, что связывают, прежде всего, с высоким уровнем загрязнения воздуха. В связи с этим, в период лета 2024 года планируется обратить внимание на методики мониторинга указанных процессов на территории исследуемых ООПТ.

Кроме ныне действующих ООПТ нами были проведены опыты, связанные с оценкой долгосрочной динамики состояния территории, статус которой изменился в течение последних 10 лет, а именно, земель бывшего Октябрьского заказника на юго-западной окраине г. Витебска [6,7].

Сельскохозяйственные угодья. Для отработки методик мониторинга состояния и оценки сельскохозяйственных угодий были выбраны земли Витебского зонального института сельского хозяйства НАН Беларуси. Общая площадь земель хозяйства составляет около 1500 га. Расположено на восточной окраине г. Витебска. Рельеф территории холмисто-моренный, имеются овраги. Почвы дерново-подзолистые на вершинах моренных гряд и склонах, торфяно-болотные в понижениях. Территория характеризуется близким уровнем залегания грунтовых вод, по склонам оврагов выходы ключей. По дну оврагов протекают ручьи. Доминирующим типом растительности вокруг сельхозугодий являются леса, где сильно выражено антропогенное воздействие. Большие площади заняты населенными пунктами и дачными участками.

На территории расположена достаточно развитая сеть грунтовых дорог, кольцевая Витебская трасса и шоссе Витебск – Смоленск. В непосредственной близости располагается озеро Туловское. Таким образом, территория удобна для проведения научно-

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

исследовательских работ и мониторинга, хотя близость города и большое количество населенных пунктов осложняют аэрофотосъемку.

Непосредственно отработка методик съемки проводилась на участках, засеянных яровыми культурами, имеющих достаточно сложные почвенно-геоморфологические условия к югу от оз. Туловское.

Кроме намеченных ранее работ на землях ВЗИСХ нами была отработана методика актуализации границ угодий, так как в процессе исследований обнаружилось отсутствие выверенных картографических материалов и работы такого плана являются исключительно необходимыми для сельхозпроизводителей. Результаты работ будут положены в основу соответствующих методических рекомендаций для операторов беспилотных летательных аппаратов, работающих в области природопользования в целом и сельского хозяйства в частности.

В ходе исследований на модельных территориях ВЗИСХ НАН Беларуси детально разработаны методики: 1) актуализации границ земельных угодий, адаптированные для использования в условиях севера страны; 2) мультиспектральной съемки с целью получения карт различных вегетационных индексов [8]; 3) создания карт рельефа отдельных участков и хозяйств в целом.

Параллельно проводились опыты и отработка методических приемов по съемке мест произрастания инвазивных видов и их дешифрированию на снимках, по выявлению очагов сорной растительности, болезней и вредителей по различным комбинациям спектральных снимков.

В рамках каждой разработки на основе опытных полетов подбирались параметры являющиеся оптимальными для получения результатов необходимого качества. Так, определено, что при использовании модели Phantom4multispectral для четкого дешифрирования границ угодий с точностью до 10 см/пиксель высота полета не должна превышать 80 м, в то время как у производителя для получения подобного результата заявлена высота 100-120 м. При этом, наложение снимков должно составлять в идеале не менее 70/80 %. Важными характеристиками определены также погодные условия, время съемки, состояние поверхности снимаемых угодий.

Примером применения разработанных алгоритмов явилась совместная работа с ВЗИСХ при которой по нашим методикам была выполнена контрольная съемка и построены картографические модели для экспериментальных полей. Результатом явились «паспорта» угодий, включающие ортофотоплан с границами полей и препятствиями, карта рельефа в горизонталях и цвете и несколько вариантов карт вегетационных индексов.

Общая характеристика алгоритма контрольных работ по созданию паспорта поля, согласно разработанной методике, выглядела следующим образом. Съемки проводилась в период сразу после посева озимых/яровых с указанными ранее оптимальными параметрами. В таком случае, в результате дешифровки границы обрабатываемых угодий читаются наиболее четко, что связано с высоким контрастом обработанной и окружающей территории. Для достижения высокой точности позиционирования использованы возможности встроенного в беспилотник модуля RTK. Работа модуля обеспечивалась через сигнал РУП «Белгеодезия», что обеспечивает точность результата в пределах 3-5 см. Надо отметить, что применение коммерческого сигнала необходимо только при картировании границ угодий. В дальнейшем привязка материалов к первичному плану позволит сохранять точность получаемых материалов. Полетные задания формировались с буфером в 20-50 м с целью не допустить искажений по краям полей при построении моделей рельефа и ортофотопланов при дальнейшей обработке.

Временной режим полета формировался автоматически и составлял, в зависимости от погодных условий от 17 до 25 минут. Время полета выбиралось с учетом режима освещения. Осенью наиболее благоприятным является период между 11 и 14 часами при

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

режиме сплошной высокой облачности, что обеспечивает хорошее рассеянное освещение и отсутствие теней.

Практическое внедрение результатов исследований. К настоящему моменту проведена детальная проработка материалов, которые станут основой методических рекомендации по осуществлению беспилотного мониторинга состояния территориальных комплексов подверженных различной степени антропогенного воздействия. Применяемые в ходе полевых исследований подходы и методы использования возможностей БЛА оказались востребованы уже на стадии разработки. Часть предложенных решений использовалась в процессе работ осенью 2022 года Витебским зональным институтом сельского хозяйства НАН Беларуси и была внедрена в деятельность ГЛХУ «Витебский лесхоз» и Витебского филиала «НИИ Белгипрогаз», что подтверждается соответствующими актами внедрения.

Кроме того, материалы оказались крайне полезны в учебном процессе кафедр экологии и географии, зоологии и ботаники, прикладного и системного программирования ВГУ имени П.М. Машерова, а также учебно-воспитательном процессе среднего образования (Октябрьская СШ имени И.П. Соболева), что также подтверждено актами внедрения в учебный процесс.

Результаты исследований были представлены и обсуждались на профильных конференциях, семинарах, конкурсах и выставках Витебска, Браслава и Минска, а также на ряде мероприятий, которые проводились в on-line формате.

Элементы разработок по использованию возможностей беспилотников и информации, полученной с их помощью, апробировались исполнителями в рамках ряда проектов и хозяйственных договоров, что показало исключительный интерес к разработке в различных отраслях науки и практики.

Кроме того, наработки в области беспилотного мониторинга ООПТ применялись исполнителями при анализе особенностей распространения хищных птиц на территории Поозерья.

Заключение. Таким образом, в процессе исследований достигнуты следующие результаты. Во-первых, был изучен опыт применения беспилотных комплексов в мониторинговых целях по материалам доступным в сети, литературным источникам. Проработано более 80 статей, 6 учебников и учебных пособий, данные сайтов более двух десятков организаций, применяющих в своей деятельности БПЛА и предлагающих услуги в этой сфере. Также рассматривался практический опыт использования БПЛА в научных и хозяйственных организациях севера Беларуси среди которых КУСХП «Мазолово-Газ», ГЛХУ «Витебский лесхоз», ГПУ «Нарочанский национальный парк» и Березинский биосферный заповедник, Витебский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды. По результатам анализа материалов сделано заключение о наиболее перспективных направлениях использования дистанционных методов. Таковыми, на наш взгляд являются сельское хозяйство, лесное хозяйство и охрана природы. В ходе подготовительных работ подобраны экспериментальные участки, на которых развернуты полевые исследования – это земли ВЗИСХ НАН Беларуси и территории ООПТ местного значения в окрестностях Витебска.

Во-вторых, определена оптимальная структура программно-аппаратного комплекса дистанционного беспилотного мониторинга для сферы природопользования. Выбор беспилотника определялся комплексом предполагаемых к решению задач и площадью проводимых работ. При системной работе на площади менее 2000 га наиболее подходящим из всего спектра доступных на современном рынке Беларуси является БПЛА DJI Phantom (Pro или Multispectral в зависимости от решаемых задач). На наш взгляд, дрон с мультиспектральной камерой в целях мониторинга в сфере природопользования предпочтительнее. Кроме того, в случае использования Phantom вопрос съемочной

аппаратуры снимается, так как в данный беспилотный комплекс входит встроенная RGB или мультиспектральная камера в зависимости от модели.

Минимальные параметры производительности и др. характеристики оборудования для фотограмметрических и аналитических работ установлены на уровне: 1) оперативная память min от 8, в норме от 16 Гб; 2) центральный процессор: от 4 ядер, производитель Intel, AMD или Apple, частота от 2.0 ГГц; 3) графический процессор: производитель NVIDIA или AMD, от 1024 и более унифицированных шейдерных ядер (например, GeForce RTX 2060 или Radeon RX 5600M).

Рекомендуемое программное обеспечение для формирования полетных заданий и проведения съемки в случае Phantom4Multispectral DJI GS Pro. На этапе фотограмметрической обработки наиболее подходящим по комплексу параметров по нашему мнению является программный продукт российской компании ООО "ЖивойСофт" (Санкт-Петербург) – Agisoft Metashape Professional. Этап аналитической обработки данных в полном объеме можно осуществить на базе бесплатной геоинформационной платформы с открытым программным кодом QGIS с подключенным модулем обработки растровых данных SAGA GIS.

В-третьих, проведены полевые рекогносцировочные и опытные работы на территории заказников местного значения Чертова борода, Дымовщина и Витебский по оценке состояния экосистем, подбору оптимальных параметров полетных заданий и алгоритма обработки полученных данных. Проведена актуализация границ ООПТ. Общая площадь съемки составила более 450 га. С той же целью проводились интенсивные работы также на землях ВЗИСХ НАН Беларуси. Исследования были сконцентрированы на 2 участках, где отрабатывалась методика мониторинговых наблюдений, однако общая площадь, на которой проводилась съемка и эксперименты, составила около 700 га.

В-четвертых, на основе теоретической подготовки и данных полевых исследований подготовлены методические рекомендации по проведению актуализации границ угодий, мультиспектральной съемке с целью получения карт вегетационных индексов и созданию карт рельефа. Публикация рекомендаций планируется в 2024 году на базе ВГУ имени П.М. Машерова и ВЗИСХ НАН Беларуси. Кроме того, на основе имеющихся наработок и в связи с изменением правового поля использования беспилотников в воздушном пространстве Республики Беларусь была подготовлена программа «Порядок эксплуатации гражданских беспилотных летательных аппаратов», которая учитывает особенности применения БЛА в сфере природопользования утвержденная Департаментом по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь.

Список литературы

- 1 P4 Multispectral: user manual V 1.4 // SZ DJI Technology Co., Ltd. [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://dl.djicdn.com/downloads/p4-multispectral/20200806/P4_Multispectral_User_Manual_v1.4_EN.pdf. – Дата доступа: 05.03.2023.
- 2 Agisoft Metashape: руководство пользователя / ООО «Геоскан» [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_8_ru.pdf. – Дата доступа: 04.03.2023.
- 3 Свидзинская, Д.В. Основы QGIS / Д.В. Свидзинская, А.С. Бруй // Дослідницько-освітня лабораторія OSGeo КНУ [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: https://distant.msu.ru/pluginfile.php/268261/mod_resource/content/1/QGIS_intro.pdf. – Дата доступа: 02.02.2022.
- 4 Руководство по порядку государственного учета и эксплуатации гражданских беспилотных летательных аппаратов: утверждено приказом Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 04.10.2022 № 268 [Электронный ресурс] / Сайт

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Департамента по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Минск, 2022. – Режим доступа: <https://caa.gov.by/uploads/files/Rukovodstvo-po-porjadku-gosudarstvennogo-ucheta-i-ekspluatatsii-grazhdanskix-bespilotnyx-letatelnyx-apparatov-v-red.-prikaza-ot-26.12.2022-341.pdf>. – Дата доступа: 22.02.2023

5 Торбенко, А.Б. Использование ГИС и ДЗЗ в целях мониторинга состояния ООПТ местного значения / А.Б. Торбенко, А.В. Казак, Е.В. Соколовский, Д.В. Новиков, В.В. Кривко // Национальный парк «Браславские озера» и другие особо охраняемые природные территории: состояние, проблемы, перспективы развития : материалы международной научно-практической конференции (г. Браслав, 27-28 мая 2022) / ГПУ «Национальный парк «Браславские озера» ; редкол.: Е. В. Андрейчик (гл. ред) [и др.]. – Минск : Ковчег, 2022. – С.176-178.

6 Казак А.В. Состояние растительного покрова территории бывшего заказника «Октябрьский» по данным ДДЗ и БПЛА / А. В. Казак, Д. В. Новиков, Е.А. Половинский, А.Б. Торбенко // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс]: материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС-2022, Минск, 16 ноября 2022 г. / редкол.: Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2022. – С.63-65.

7 Казак, А.В. Мониторинг растительного покрова в Октябрьском заказнике с использованием БПЛА / Е.А. Половинский, А.В. Казак, Д.В. Новиков // XVI Машеровские чтения: матер. междунар. науч.-практ. конф. студ. асп. и молод. уч., Витебск, 21 октября 2022 г. / УО «ВГУ имени П.М. Машерова»; редкол.: Е.А. Аршанский (гл. ред.) [и др.] – Витебск, 2022. – С. 118-120.

8 Буйко, Д.В. Использование индекса NDVI для оценки состояния растительного покрова Октябрьского заказника г. Витебска / Д.В. Буйко, В.В. Кривко // XVI Машеровские чтения: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 21 октября 2022 г.: в 2 т. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2022. – Т. 1. – С.77-79.

УДК 528:502

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Уварова Д.А.¹, Киреева-Гененко И.А.^{1,2}, Гененко М.А.¹

¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия

²МБУ ДО «Белогорье», Белгород, Россия
E-mail: 1470062@bsu.edu.ru

Геоинформационные системы (ГИС) широко используются для управления ресурсами природной среды, эффективного природопользования, а также при изучении аспектов общественного природопользования. Географические информационные системы предоставляют возможность проводить исследования: собирать, анализировать и представлять данные о почвах, водных ресурсах, воздухе, растительности, животных, о взаимодействии населения с окружающей средой, которые могут быть отображены на картах и графиках.

ГИС могут использоваться для:

1. Планирования территорий и проектирования инфраструктуры: геологические, гидрологические, почвенно-географические и другие характеристики местности могут