

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

ASSESSMENT OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE
INFRASTRUCTURE OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN
FEDERATION BASED ON REMOTE SENSING DATA

Залецкий А.В.
Кривичев А.И.

Zaletsky A.V.
Krivichev A.I.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Арктика, воздушный мониторинг, инфраструктура, экологические факторы, устойчивое развитие.

KEY WORDS:

the Arctic, air monitoring, infrastructure, environmental factors, sustainable development.

АННОТАЦИЯ

Современные экономические, экологические и социальные проблемы в Арктической зоне Российской Федерации, требуют рационального управления инфраструктурой и развитием территорий, а для этого совершенно необходимы актуальные и качественные данные пространственного мониторинга. Авторы статьи анализируют имеющийся опыт дистанционного зондирования Земли, позволяющего вести мониторинг состояния окружающей среды и объектов инфраструктуры в Арктике в целях оценки устойчивого развития территорий, а также предложены современные инструменты эффективного мониторинга.

ABSTRACT

Modern economic, environmental and social problems in the Arctic zone of the Russian Federation require rational management of infrastructure and development of territories, and for this, up-to-date and high-quality spatial monitoring data are absolutely necessary. The authors of the article analyze the existing experience of remote sensing of the Earth, which makes it possible to monitor the state of the environment and infrastructure in the Arctic in order to assess the sustainable development of territories, and also propose modern tools for effective monitoring.



Залецкий А.В.

член Экспертного совета ЭЦ ПОРА, преподаватель кафедры геоинформационных технологий Государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения города Москвы «Московский государственный образовательный комплекс»

—
iskender_zalecki@mail.ru.

Zaletsky A.V.

member of the Expert Council of "PORA", lecturer of the Department of Geoinformation Technologies of GBPOU MGOK

—
iskender_zalecki@mail.ru.



Кривичев А.И.

член Экспертного совета ЭЦ ПОРА, кандидат экономических наук кафедры экономики природопользования экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, доцент кафедры управления недвижимостью и развитием территорий МИИГАиК

—
krivichev@live.ru

Krivichev A.I.

member of the Expert Council of the EC PORA, Candidate of Economic Sciences, Department of Environmental Economics, Faculty of Economics, Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Associate Professor, Department of Real Estate Management and Territorial Development, MIIGAiK

—
krivichev@live.ru

Введение

В различные исторические периоды Россия уделяла большое внимание освоению арктических территорий и акваторий. Создание объектов инфраструктуры позволило обеспечить не только временное присутствие человека, но и его проживание в арктических условиях, ведение экономической деятельности. В результате изменения климата последних десятилетий в Арктической зоне Российской Федерации (далее — АЗРФ) можно отметить тенденцию оттаивания вечной мерзлоты и изменения природных ландшафтов. Усиление абразии берегов из-за более частого воздействия штормов угрожает портовой инфраструктуре, в то же время благодаря уменьшению ледовитости арктических морей появляются новые возможности для морской навигации по акватории Северного морского пути, а благодаря росту температуры воздуха и воды условия для деятельности человека на открытом воздухе улучшаются, и уменьшаются технологические простои.

Важнейшим элементом, оказывающим влияние на устойчивое развитие территорий АЗРФ, являются объекты промышленной, коммунальной, транспортной и социальной инфраструктур, которые должны выполнять свои функции с учетом хрупкости арктической природы, а также изменений климата.

Для оценки проблем устойчивого развития АЗРФ проводятся многолетние наблюдения наземными методами, а также дистанционное зондирование Земли (далее — ДЗЗ) с пилотируемой и беспилотной авиации, а также космических спутников.

Для оценки проблем устойчивого развития АЗРФ проводятся многолетние наблюдения наземными методами, а также дистанционное зондирование Земли

Так, например, по данным дистанционного зондирования (далее — ДЗЗ) можно выявить разрушение береговой линии Северного Ледовитого океана (далее — СЛО), деградацию пород, оценить целостность инфраструктурных объектов, включая нефтяные скважины, трубопроводы и др. [1]. Факты обнаружения чрезвычайных ситуаций (ЧС) и отклонений сценариев устойчивого развития объектов инфраструктуры в АЗРФ не должны быть случайными, а являться результатом работы комплексной системы анализа и мониторинга пространственных данных. Конечно, мониторинг по данным ДЗЗ не заменит данные наблюдений полярных станций по гляциологическому, геофизическому, метеорологическому, геомагнитному, гидрологическому, сейсмическому и др. наблюдениям, однако позволит точнее разместить такие данные на высокоточную картографическую пространственную основу, наглядно провести интерполяцию значений многолетних наблюдений.

Так, например, в марте 2022 года был представлен отечественный «арктический» сервис, основанный на мониторинге по ДЗЗ оптических и радиолокационных спектральных диапазонов космических аппаратов Госкорпорации «Роскосмос» [2], а уже в октябре 2022 года было предложено интегрированное решение по дистанционному зондированию Земли со спутников и беспилотных воздушных судов [3].

Риски, связанные с обеспечением устойчивого развития инфраструктуры АЗРФ

В Арктике, как и в космическом пространстве, нет права на ошибку — в условиях сурового климата и хрупкой природной экосистемы любая погрешность или неточность может привести к техногенной аварии или даже катастрофе

Согласно Третьему Оценочному докладу Росгидромета 2022 года [4], а также докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, англ. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 2022 года [5], самые высокие показатели изменений климата в пределах 0,4-0,5 град отмечаются в Российской Арктике. В Арктике, как и в космическом пространстве, нет права на ошибку — в условиях сурового климата и хрупкой природной экосистемы любая погрешность или неточность может привести к техногенной аварии или даже катастрофе. Именно поэтому ДЗЗ пилотируемыми и беспилотными воздушными судами или спутниками — важнейшая технология, которая позволяет рационально управлять территорией и реагировать на новые вызовы.

Как правило, арктические объекты инфраструктуры возведены в промышленных районах, с транспортной доступностью, или при необходимости обеспечения задач государственной безопасности. Стратегическое значение Арктики для России закреплено в государственных программах и законах, подзаконных нормативных актах, а реализация запланированных мероприятий призвана улучшить качество жизни людей, гарантировать комфорт и безопасность их проживания в АЗРФ (при сохранении природных экосистем) [6, 7, 8].

Текущее законодательство до 2022 года не предполагало проведение комплексного мониторинга окружающей среды в целом и комплексного мониторинга АЗРФ в частности, что не позволило интегрировать в одну систему данные ДЗЗ различных ведомств, что негативно повлияло на возможности поддержания устойчивого развития макрорегиона.

В 2022 году в национальном проекте «Экология» был утвержден федеральный проект «Комплексная система мониторинга качества окружающей среды» [9]. Теперь в целях реализации национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» в соответствии с Указом Президента РФ от 7 мая 2018 г. №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» необходимо обеспечить к 2024 году решение следующих задач:

- создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных преимущественно на основе отечественных разработок;

- создание сквозных цифровых технологий преимущественно на основе отечественных разработок;
- внедрение цифровых технологий и платформенных решений в сферах государственного управления и оказания государственных услуг, в том числе в интересах населения и субъектов малого и среднего предпринимательства, включая индивидуальных предпринимателей [10].

Таким образом, приоритетным становится обеспечение актуальной и современной картографической и геодезической основы для эффективного решения стратегических задач социально-эколого-экономического развития АЗРФ по данным динамических изменений и результатам мониторинга.

При анализе мирового и российского опыта мониторинга объектов инфраструктуры в Арктике можно отметить возрастающий интерес к беспилотным авиационным технологиям, которые позволяют получать данные о подстилающей поверхности оперативно, над районами, над которыми невозможно получить данные из-за облачности из космоса, или там, где требуются высокоточные данные. Так, в США используется целый флот специализированных беспилотных воздушных судов (далее БВС), а также надводных беспилотников для мониторинга окружающей среды в Арктике [11]. Один из первых БВС, который выполнял и задачи мониторинга с целью оценки опасных метеоявлений для американского агентства NOAA (Национальное управление океанических и атмосферных исследований), стал Global Hawk, который, помимо задач разведки в СЛО, например, с помощью сбрасываемых зондов анализировал параметры атмосферы (см. рис. 1) [12].

РИС. 1. СБРОС МЕТЕОЗОНДОВ С БВС GLOBAL HAWK В РАЙОНЕ АЛЯСКИ [12]



В России была доказана эффективность применения БВС в районе Северного полюса для целей мониторинга 2017 году, когда первыми в мире в рамках высокоширотной арктической экспедиции «Барнео», организованной Экспедиционным центром Русского географического общества и при участии ГК «Беспилотные системы», ФГУП «ГосНИИАС» и ООО «Фирма «НИТА», была апробирована технология автоматического зависимого наблюдения-вещания (АЗН-В) отечественного производства, которая позволила выполнять полеты пилотируемой и беспилотной авиации в едином воздушном пространстве в районе Северного полюса (см. рис. 2). Кроме того, были предложены методы ледовой разведки с БВС для поиска подходящей льдины в целях организации взлетно-посадочной полосы ледового

аэродрома, выполнен мониторинг дрейфующей льдины для обеспечения безопасности экспедиции.

Значимым результатом исследования стала также и оценка возможности мониторинга поверхности ледяного поля с использованием тепловизионной съемки для определения толщины и профиля снежного покрова, а также наличия трещин. Это важно для обеспечения безопасности инфраструктуры ледового аэродрома — единственного пути сообщения для членов экспедиции на дрейфующей льдине (см. рис. 3). Кроме того, выполнялся мониторинг в целях обеспечения безопасности во время проведения марафона на территории обитания белых медведей.

(см. рис. 4).

РИС. 2. СОВМЕСТНЫЕ ПОЛЕТЫ ПИЛОТИРУЕМОЙ И БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ В РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО ПОЛЮСА (ПО МАТЕРИАЛАМ ГК «БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ»)



РИС. 3. АЭРОДРОМ И ЭКСПЕДИЦИОННЫЙ ЛАГЕРЬ РЯДОМ, ГРАНИЦЫ ВПП И ОДНОРОДНОСТЬ ВЫБРАННОЙ ДЛЯ АЭРОДРОМА ЛЬДИНЫ (ПО МАТЕРИАЛАМ ГК «БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ»)



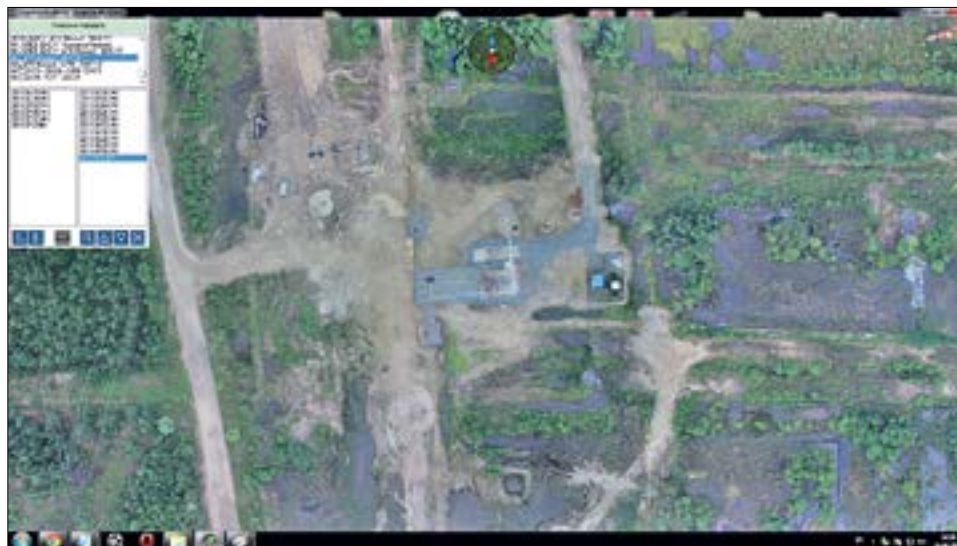
РИС. 4. МОНИТОРИНГ И ПАТРУЛИРОВАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛЕДОВОГО АЭРОДРОМА И УЧАСТНИКОВ МАРАФОНА, ЛАГЕРЬ «БАРНЕО» (ПО МАТЕРИАЛАМ ГК «БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ»)



Востребованность мониторинга с помощью беспилотных авиационных систем подтверждается многочисленными закупками для нужд мониторинга и патрулирования объектов добывающей и транспортной инфраструктуры

Востребованность мониторинга с помощью беспилотных авиационных систем (далее — БАС) подтверждается многочисленными закупками для нужд мониторинга и патрулирования объектов добывающей и транспортной инфраструктуры. Мониторинг выполняется на объектах Норникеля, Газпром-Нефти, Роснефти, Лукойла и др. Примечательно, что в отчетах об устойчивом развитии, например, группы «Лукойл» (2020-2021 гг.), БАС приводятся как неотъемлемый инструмент по обнаружению чрезвычайных происшествий и оперативного принятия мер по локализации таких техногенных аварий, а также для регулярного мониторинга объектов ТЭК [12]. Пример данных мониторинга нефтепровода в 2016 году ГК «Беспилотные системы» приведен на рис. 5.

РИС. 5. ДАННЫЕ МОНИТОРИНГА РАЗЛИВА НЕФТИ, БАС



БАС применяются для мониторинга устойчивого развития инфраструктуры АЗРФ регулярно, приведем отдельные уникальные проекты в таблице 1.

Таблица. 1 БАС для мониторинга объектов инфраструктуры в АЗРФ (по результатам исследования авторов)

	Дата/ период	Территория АЗРФ	Исполнитель	Задача мониторинга
1	2014	СМП	ООО «ЦСТ»	Мониторинг портовой инфраструктуры СМП
2	2015	Новая Земля, Северная Земля, Новосибирские острова и Земля Франца-Иосифа	НК «Роснефть», ООО «Финко»	Аэросъемка айсбергов и торосистых образований
3	2015	Остров Белый	ООО «Геоскан»	Беспилотники «Геоскан» с успехом использовались во время экологической экспедиции на остров Белый в Карском море. БАС были задействованы для поиска загрязненных участков острова, а также для 3D-моделирования

4	2017	Северный полюс	ООО «Финко»	Ледовая разведка, обеспечение безопасности туристов
5	2018	Ломоносовский ГОК в Архангельской области	АК «АЛРОСА» (ПАО)	БВС для маркшейдерской съемки и анализ развития опасных геологических процессов
6	2018	Мурманск	ГОБУ «Центр информационных технологий Мурманской области»	Мониторинг поисково-спасательных операций, мониторинг лесопожарной и противопожарной обстановки, профилактика чрезвычайных ситуаций
7	2019	Эвенкийский муниципальный район республика Саха (Якутия)	ООО «Геоскан»	Съемка территорий
8	нет данных	Полуостров Ямал, мыс Каменный	ООО «Экоскан»	Аэрофотосъемка Арктического терминала круглогодичной отгрузки нефти, выполнена аэрофотосъемка акватории Обской губы и береговой линии, составлен ортофотоплан масштаба 1:1000
9	2022	Прибрежная акватория Северного морского пути	ПАО «Интелтех», АО «Научный центр прикладной электродинамики», ФГУП «Арктический и антарктический НИИ», ФГУП «Гидрографическое предприятие», комитет Санкт-Петербурга по делам Арктики	Геоинформационное беспилотное оборудование для навигационно-гидрографического обеспечения, лоцманской проводки, освещения тактической и ледовой обстановки
10	2022	Остров Врангеля	ООО «СТЦ» при финансовой поддержке ПАО «ГМК «Норильский никель»», в сотрудничестве с экспедицией РГО и Главкомата ВМФ «Умка 2022»	Учет белых медведей

Комплексный мониторинг объектов инфраструктуры в АЗРФ должен включать в себя инструменты наземного мониторинга, дистанционного зондирования Земли из космоса, а также данные ДЗЗ пилотируемой и беспилотной авиации

Данные таблицы 1 говорят о различных сферах прикладного использования мониторинга, в том числе и объектов инфраструктуры по данным ДЗЗ БВС. Такие материалы рационально использовать при отсутствии данных космического ДЗЗ или неподходящего качества последних. Следовательно, из-за высоких требований к

Мониторинг территорий АЗРФ выполняется как на государственном, так и на корпоративном уровне

геодезической точности при картографировании объектов инфраструктуры результаты космической съемки могут применяться в качестве вспомогательных материалов, тогда как для мониторинга межселенных территорий — основным источником данных. Комплексный мониторинг объектов инфраструктуры в АЗРФ должен включать в себя инструменты наземного мониторинга, дистанционного зондирования Земли из космоса, а также данные ДЗЗ пилотируемой и беспилотной авиации.

Такой подход позволит собрать данные необходимой и достаточной точности. Кроме того, в условиях необходимости обеспечения безопасности, а также санкционного запрета на поставку пространственных данных высокого разрешения, развитие современной и импортонезависимой системы комплексного мониторинга инфраструктуры АЗРФ становится насущной необходимостью.

Изменение климата в АЗРФ только усиливает потребность мониторинга эксплуатационного ресурса нефтегазового оборудования. Можно привести примеры техногенных аварий на объектах инфраструктуры в Российской Арктике, которые стали возможными в связи с недооценкой таких рисков при освоении территорий.

Так, 29 мая 2020 года произошла крупная авария на объекте компании Норникель. На территории ТЭЦ-3 разлилось около 21 тыс. тонн нефтепродуктов. По итогам этой техногенной аварии природе был нанесен существенный экологический ущерб, для устранения последствий которого по решению суда был назначен штраф около 146 млрд. рублей, который был впоследствии полностью выплачен [14, 15]. В ходе расследования было выявлено, что мониторинг температуры грунта (мерзлоты) под топливным резервуаром не проводился, что не позволило своевременно оценить риски, связанные с повышением температуры вечной мерзлоты.

Так, по спутниковым данным ДЗЗ был проведен мониторинг бассейна реки Амбарная. На космических снимках отчетливо видно, что в результате техногенной аварии на

РИС. 6. СПУТНИКОВЫЕ СНИМКИ «РОСКОСМОС» В ПЕРИОД 4-13 ИЮНЯ 2020 ГОДА, [14]



объекте компании ПАО «ГМК «Норильский никель» была загрязнена река Амбарная, (см. рис. 6, красными окружностями отмечены следы наибольшего загрязнения) [14].

Наиболее эффективный и оперативный метод, позволяющий оценить подобные экологические катастрофы — космический мониторинг подстилающей поверхности.

Мониторинг территорий АЗРФ выполняется как на государственном, так и на корпоратив-

ном уровне, когда крупные компании инвестируют в создание пространственного базиса для эффективного управления своими ресурсами. В АЗРФ такой базис создают добывающие компании, строительные, логистические, энергетические и управляющие компании.

Помимо традиционных видов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с самолетов и спутников для ДЗЗ привлекаются беспилотники, съемка с которых позволяет создавать высокоточные трехмерные модели объектов инфраструктуры, топографические планы крупных масштабов, магнитометрические карты и др. Данные космической съемки показывают актуальность инструментов космического ДЗЗ в тех случаях, когда необходимо получить данные на большие площади, при этом сверхвысокая точность не требуется.

Конечно, мониторинг для оценки состояния вечной мерзлоты требует не только технологий получения данных, но и хранения, обработки, анализа и распределения информации в рамках единой системы — банка данных. При проведении мониторинга вечной мерзлоты, помимо ДЗЗ, зачастую применяются данные наземных стационарных и полевых исследований.

Мониторинг может быть организован на различных этапах жизненного цикла объекта инфраструктуры для обеспечения устойчивого развития территории. Он предполагает регулярное получение информации для возможности сравнения фактической ситуации с исходной. Систематический и комплексный мониторинг может стать основой для устойчивого развития инфраструктуры АЗРФ и позволит принимать верные управленческие решения с учетом динамики изменения.

Проблема отсутствия регулярного мониторинга АЗРФ была обозначена в докладе «Вечная мерзлота как ключевой определяющий фактор развития Арктики» министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации в 2021 году [16]. В частности, в нем сообщалось, что почти не ведутся работы по мерзлотной направленности, нет целевых программ, никто не изучает опыт строительства и эксплуатации градостроительных агломераций в Арктике, а данные инженерных изысканий считаются коммерческой тайной. В то же время в Российской Арктике Институтом геоэкологии РАН совместно с Росавтодором создается система мониторинга участков федеральных дорог, которые проходят по территориям северных регионов с многолетнемерзлыми грунтами. Это может помочь процессу прогнозирования оттаивания грунта, а также состоянию дорожного полотна в будущем.

Мониторинг требует не только технологий получения данных, но и хранения, обработки, анализа и распределения информации в рамках единой системы — банка данных.

Системы мониторинга в России

Освоение Арктики связано, прежде всего, с созданием объектов инфраструктуры для обеспечения приемлемых условий для проживания, ведения экономической деятельности при обеспечении необходимого уровня экологической безопасности. Экономическое благополучие граждан России зависит в том числе от поставок биоресурсов, а также полезных ископаемых АЗРФ: углеводороды, металлы, минералы и др. Поэтому разработка арктических ресурсов крайне актуальна для России. В то же время экологические и социальные проблемы зачастую возникают по причине несбалансированного потребления природных ресурсов.

Повреждение инфраструктуры и инженерных сооружений в районах вечной мерзлоты часто связано с наблюдаемым повышением температуры воздуха. Однако в этих отчетах не показано подробно, как изменение температуры воздуха может повлиять на толщину активного слоя и температуру вечной мерзлоты на конкретных участках и для конкретных сооружений в Арктике.

В России, как в США, существует государственный мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг). Он представляет собой сложную систему наблюдений. Единая система государственного экологического мониторинга в России включает в себя 15 подсистем [17]:

1. состояния и загрязнения окружающей среды;
2. атмосферного воздуха;
3. радиационной обстановки на территории;
4. земель;
5. объектов животного мира;
6. лесопатологического;
7. воспроизводства лесов;
8. состояния недр;
9. водных объектов;
10. водных биологических ресурсов;
11. внутренних морских вод и территориального моря;
12. исключительной экономической зоны Российской Федерации;
13. континентального шельфа Российской Федерации;
14. государственного экологического мониторинга уникальной экологической системы озера Байкал;
15. охотничьих ресурсов и среды их обитания.

Отдельно стоит выделить государственный мониторинг земель, направленный на отслеживание 49 негативных процессов, таких как: водная эрозия (слабая, средняя, сильная), линейная эрозия (слабая, средняя, сильная), переувлажнение (слабое, среднее, сильное), подтопление (слабое, среднее, сильное), заболачивание (слабое, среднее, сильное), затопление (слабое, среднее, сильное), захлывание, радиоактивное загрязнение, загрязнение нефтью и нефтепродуктами (среднее, сильное), обвально-осыпные и оползневые процессы (слабые, средние, сильные), абразия (слабая, средняя, сильная), нарушенные земли при наземном строительстве, при гидротехническом строительстве, при недропользовании, при промышленном лесопользовании, сельскохозяйственном освоении, при проведении геологоразведочных, испытательных, эксплуатационных и иных работ, при складировании и захоронении промышленных отходов.

Кроме вышеперечисленных систем и подсистем государственного мониторинга, нельзя списывать со счетов данные мониторинга субъектов АЗРФ, профильных ведомств, крупных хозяйствующих субъектов АЗРФ, а также научные данные мониторинга Российской Арктики.

Заключение

Как правило, экологические катастрофы происходят там, где темпы научного обеспечения уступают темпам освоения. Очевидно, что приоритетность научного подхода при освоении АЗРФ в настоящее время может обеспечить не только эффективное управление территориями, но и устойчивое сбалансированное развитие с учетом экологических, экономических и социальных факторов. Пространственная основа системы мониторинга АЗРФ может стать базисом для управления устойчивым развитием инфраструктуры. Такой подход позволит проводить научные исследования для поиска социо-эколого-экономического баланса с привязкой к пространственным и иным данным.

Очевидно, что если нынешние тенденции по изменению климата сохранятся, то опасных последствий деградации вечной мерзлоты и разрушений инфраструктуры не избежать

Очевидно, что если нынешние тенденции по изменению климата сохранятся, то опасных последствий деградации вечной мерзлоты и разрушений инфраструктуры не избежать, что несет большие риски устойчивому развитию. Разрушение объектов инфраструктуры может привести к экологическому загрязнению, транспортным коллапсам, ухудшению качества жизни и социальной неудовлетворенности населения. Вполне возможно, что разрушения зданий и сооружений могут повлечь за собой необходимость эвакуации жителей, поэтому оценке устойчивого развития инфраструктуры АЗРФ по данным ДЗЗ должно уделяться самое пристальное внимание.

Предложения. Комплексный мониторинг, призванный анализировать изменения на территориях и акваториях АЗРФ площадью около 9 млн кв. км, должен быть строго регламентирован и автоматизирован. Необходимо использовать возможности машинного обучения для анализа данных ДЗЗ, шире использовать возможности беспилотного ДЗЗ, подключать современные спутниковые сервисы. Для обеспечения устойчивого развития инфраструктуры АЗРФ предлагается вести мониторинг по единой «арктической» методике, и с учетом рисков, связанных с эксплуатацией объектов инфраструктуры. Данная методика должна интегрировать существующие и перспективные государственные и корпоративные системы мониторинга, применимые для АЗРФ, обеспечить возможность системного сбора данных различными инструментами (в т.ч. БВС), миграцию данных из различных источников, киберзащищенность, возможность анализа и прогнозирования жизненного цикла объектов инфраструктуры, моделирование нештатных ситуаций на объектах инфраструктуры, что будет способствовать устойчивому развитию территорий.

Авторы также предлагают организовать специализированные мониторинговые наблюдения за резкими изменениями в экосистемах для дальнейшего применения этих данных при моделировании или при наступлении чрезвычайных ситуаций, техногенных аварий и катастроф.

Литература:

1. NASA. Earth Science at Ames [Электронный ресурс] URL: <https://www.nasa.gov/centers/ames/earthscience/programs/airbornescience/currentactivities> (дата обращения: 06.09.2022 г.);
2. TerraTech. «Арктические» геосервисы помогут освоению заполярных территорий России [Электронный ресурс] URL: <https://terratech.ru/news/arkticheskie-geoservisy-pomogut-osvoeniyu-zapolyarnykh-territoriy-rossii/> (дата обращения: 20.10.2022 г.);
3. TerraTech. Космос и БПЛА: перспективы интегрированных решений. [Электронный ресурс] URL: <https://terratech.ru/news/kosmos-i-bpla-perspektivy-integrirovannykh-resheniy/> (дата обращения: 20.10.2022 г.);
4. Катцов В.М. et al. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. — Санкт-Петербург: Научное издание, 2022. — 124 с. [стр. 22];
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2022 [Электронный ресурс] URL: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (дата обращения: 01.11.2022 г.);
6. Указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». [Электронный ресурс] URL: <https://base.garant.ru/71937200/> (дата обращения: 11.07.2022 г.);

Literature:

1. NASA. Earth Science at Ames [Electronic resource] URL: <https://www.nasa.gov/centers/ames/earthscience/programs/airbornescience/currentactivities> (date of access: 09.06.2022);
2. TerraTech. «Arctic» geoservices will help the development of the polar territories of Russia [Electronic resource] URL: <https://terratech.ru/news/arkticheskie-geoservisy-pomogut-osvoeniyu-zapolyarnykh-territoriy-rossii/> (date of access: 20.10.2022);
3. TerraTech. Space and UAVs: prospects for integrated solutions. [Electronic resource] URL: <https://terratech.ru/news/kosmos-i-bpla-perspektivy-integrirovannykh-resheniy/> (date of access: 10/20/2022);
4. Kattsov V. M. et al. Third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary. - St. Petersburg: Science-intensive technologies, 2022. - 124 p. [p. 22];
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2022 [Electronic resource] URL: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (accessed 11/01/2022);
6. Decree «On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024». [Electronic resource] URL: <https://base.garant.ru/71937200/> (date of access: 07/11/2022);

7. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 г. №645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». [Электронный ресурс] URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (дата обращения: 07.09.2022 г.);
8. Распоряжение Правительства России от 15.04.2021 г. №996-р «Об утверждении единого плана мероприятий по реализации Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года и Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» [Электронный ресурс] URL: <http://static.government.ru/media/files/p8DfCI0Pr1XZnAk08G7J3jUXUuDvswHr.pdf> (дата обращения: 10.09.2022 г.);
9. Российский экологический оператор. Новый федеральный проект по экомониторингу запустят в России. [Электронный ресурс] URL: <https://reo.ru/tpost/cbvpab7yn1-novii-federalnii-proekt-po-ekomonitoring> (дата обращения: 01.11.2022 г.);
10. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс] URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805070038> (дата обращения: 02.11.2022 г.);
11. Edge Computing Brings the Cloud Closer to the Data for Agencies/ [Электронный ресурс] URL: <https://fedtechmagazine.com/article/2021/02/edge-computing-brings-cloud-closer-data-agencies> (дата обращения: 01.11.2022 г.);
12. NOAA. The NCAR/NOAA Global Hawk Dropsonde System [Электронный ресурс] URL: <https://uxsrto.research.noaa.gov/News/Articles/ArtMID/6699/ArticleID/763/The-NCARNOAA-Global-Hawk-Dropsonde-System> (дата обращения: 01.11.2022 г.);
13. Отчет об устойчивом развитии Группы «ЛУКОЙЛ» 2021 [Электронный ресурс] URL: <https://lukoil.ru/Sustainability/SustainabilityReport> (дата обращения: 10.10.2022 г.);
14. Белая книга о ликвидации последствий аварии на ТЭЦ-3 АО «НТЭК» и мерах, принятых компанией. Группа компаний «Норникель» 2021. Все права защищены. [Электронный ресурс] URL: https://www.nornickel.ru/upload/iblock/0d8/white_paper_2020.pdf (дата обращения: 10.09.2022 г.);
15. Рейтинги устойчивого развития компаний и регионов Арктики [Электронный ресурс] URL: ПАО «ГМК «Норильский никель» -Компании (polarindex.ru) (дата обращения: 10.09.2022 г.);
16. Ученые найдут способ защитить арктические автотрассы от таяния мерзлоты [Электронный ресурс] URL: <https://rg.ru/2022/08/16/reg-szfo/uchenye-najdut-sposob-zashchitit-arkticheskie-avtotrassy-ot-taiania-merzloty.html?ysclid=I9siz4p5v720681092> (дата обращения: 10.09.2022 г.);
17. Аналитический вестник Совета Федерации Федерального Собрания №21 (781), Арктика: актуальные экологические вопросы. Доклад министра Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики. [Электронный ресурс] URL: http://council.gov.ru/activity/analytics/analytical_bulletins/128998/ (дата обращения: 10.09.2022 г.);
18. Интернет-портал правовой информации Консультант Плюс. Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ (ред. от 26.03.2022) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп.) [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/f6a50cd79b1c4da6b375d6cbeb2bcd0239dd341/ (дата обращения: 10.09.2022 г.);
7. Decree of the President of the Russian Federation of October 26, 2020 No. 645 "On the Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation and Ensuring National Security for the Period up to 2035". [Electronic resource] URL: <https://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (date of access: 09/07/2022);
8. Decree of the Government of Russia dated April 15, 2021 No. 996-r "On approval of a unified action plan for the implementation of the Fundamentals of the State Policy of the Russian Federation in the Arctic for the period up to 2035 and the Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035 of the year" » [Electronic resource] URL: <http://static.government.ru/media/files/p8DfCI0Pr1XZnAk08G7J3jUXUuDvswHr.pdf> (date of access: 10.09.2022)
9. Russian environmental operator. A new federal project on eco-monitoring will be launched in Russia [Electronic resource] URL: <https://reo.ru/tpost/cbvpab7yn1-novii-federalnii-proekt-po-ekomonitoring> (date of access: 11/01/2022);
10. Edge Computing Brings the Cloud Closer to the Data for Agencies/ [Electronic resource] URL: <https://fedtechmagazine.com/article/2021/02/edge-computing-brings-cloud-closer-data-agencies> (date of access: 01.11.2022);
11. NOAA. The NCAR/NOAA Global Hawk Dropsonde System [Electronic resource] URL: <https://uxsrto.research.noaa.gov/News/Articles/ArtMID/6699/ArticleID/763/The-NCARNOAA-Global-Hawk-Dropsonde-System> (date of access: 01.11.2022);
12. Ratings of sustainable development of companies and regions of the Arctic [Electronic resource] URL: PJSC MMC Norilsk Nickel -Companies (polarindex.ru) (date of access: 16.10.2022);
13. Scientists will find a way to protect Arctic highways from permafrost melting [Electronic resource] URL: <https://rg.ru/2022/08/16/reg-szfo/uchenye-najdut-sposob-zashchitit-arkticheskie-avtotrassy-ot-taiania-merzloty.html?ysclid=I9siz4p5v720681092> (accessed 10.09.2022);
14. Analytical Bulletin of the Federation Council of the Federal Assembly No. 21 (781), Arctic: current environmental issues, p. 8, report of the Minister of the Russian Federation for the development of the Far East and the Arctic [Electronic resource] URL: http://council.gov.ru/activity/analytics/analytical_bulletins/128998/ (date of access 09/10/2022);
15. White paper on liquidation of the consequences of the accident at CHPP-3 of NTEK JSC and measures taken by the company. Nornickel Group of Companies 2021. All rights reserved. [Electronic resource] URL: https://www.nornickel.ru/upload/iblock/0d8/white_paper_2020.pdf (date of access: 09/10/2022);
16. Analytical Bulletin of the Federation Council of the Federal Assembly No. 21 (781), Arctic: current environmental issues. Report of the Minister of the Russian Federation for the Development of the Far East and the Arctic. [Electronic resource] URL: http://council.gov.ru/activity/analytics/analytical_bulletins/128998/ (date of access: 09.10.2022);
17. Internet portal of legal information Consultant Plus. Federal Law No. 7-FZ of 01/10/2002 (as amended on 03/26/2022) «On Environmental Protection» (with amendments and additions) [Electronic resource] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/f6a50cd79b1c4da6b375d6cbeb2bcd0239dd341/ (date of access: 09.10.2022).