

Дистанционный мониторинг природных водных ресурсов в зоне строительства горно-гидротехнических комплексов

Мелихов М.В., к. т. н., Горный институт КНЦ РАН, н. с., г. Апатиты, Россия

SPIN-код: 8356-0794

Аннотация

В статье рассмотрены проблемы обеспечения промышленной и экологической безопасности при проектировании и эксплуатации горно-гидротехнических комплексов в сопряженных природно-техногенных условиях. Разработаны методические основы и подходы к управлению и охране природных водных ресурсов на базе прикладных космических и цифровых технологий. На примере Баренцева/Евроарктического региона России реализован дистанционный прогностический мониторинг по предупреждению масштабных техногенных аварий и загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: государственный надзор и контроль строительства; горная промышленность; гидротехнические сооружения; мониторинг; риски; окружающая среда; Арктика.

Введение

Приоритетные направления в сфере промышленной и экологической безопасности окружающей среды определены в национальных проектах и федеральных документах стратегического планирования. В частности, в соответствии с региональным постановлением № 570-ПП «Об утверждении государственной программы Мурманской области «Природные ресурсы и экология»» от 11.08.2020, ими являются:

- предотвращение и ликвидация последствий техногенных аварий или крупных катастроф;
- сохранение и защита биологического разнообразия природных экосистем;
- образовательно-просветительская деятельность.

Главные пути решения проблемы охраны и управления природными ресурсами в рамках реализации утвержденной программы основываются на развитии высоконадежных систем промышленного мониторинга по предупреждению техногенных аварий и чрезвычайных ситуаций, а также модернизации механизмов государственного надзора и производственного контроля за состоянием потенциально опасных объектов и сооружений, в том числе за счет внедрения современных высокоэффективных инновационных геоинформационных технологий.

Проблематика

В Баренцевом/Евроарктическом регионе России существует проблема загрязнения природных водных ресурсов промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными отходами, а также загрязняющими веществами, поступающими из атмосферы. Большая часть загрязненных сточных вод поступает от предприятий металлургической, горно-химической промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. Характерные вредные вещества в основном представлены солями тяжелых металлов (меди, никеля, кобальта и т. д.) [1].

Большинство горнодобывающих предприятий спроектировано в условиях сопряженной природно-техногенной среды (рис. 1). Строительство потенциально опасных горно-гидротехнических сооружений (отстойников промышленных вод, отвалов и хвостохранилищ горных отходов, емкостей хранения химических жидкостей и др.) на основе комплексной экспертной оценки обосновано и утверждено в непосредственной близости к природным водным ресурсами или вблизи границ раздела водоносных горизонтов. В отдельных случаях акватории озер и русла рек отделены ограждающими грунтовыми дамбами или плотинами комбинированной конструкции определенного физико-механического состава разной высоты относительно основания строения. Особенностью сооружений является весьма длительная эксплуатация в сложной горно-гидрогеологической и климатической среде. Фактический срок их службы составляет от 15 до 93 лет. За приведенный период времени существенные изменения претерпели обязательные отраслевые нормы и правила, а также разработаны новые более

безопасные технологии возведения подобных объектов. Закрытые и безнадзорные предприятия также могут представлять потенциальную угрозу и опасность. Соответственно, долгосрочная функциональная надежность такого класса ответственных капитальных сооружений должна минимизировать риски техногенных аварий и масштабных катастроф вследствие возможных промышленных загрязнений экосистем.

Актуальность тематики и направления исследований обусловлены необходимостью совершенствования методических основ и подходов к оперативному выявлению и ликвидации вредных сбросов на основе использования космических и цифровых технологий в обеспечении промышленной и экологической безопасности горно-гидротехнических комплексов в условиях сопряженной природно-техногенной среды.

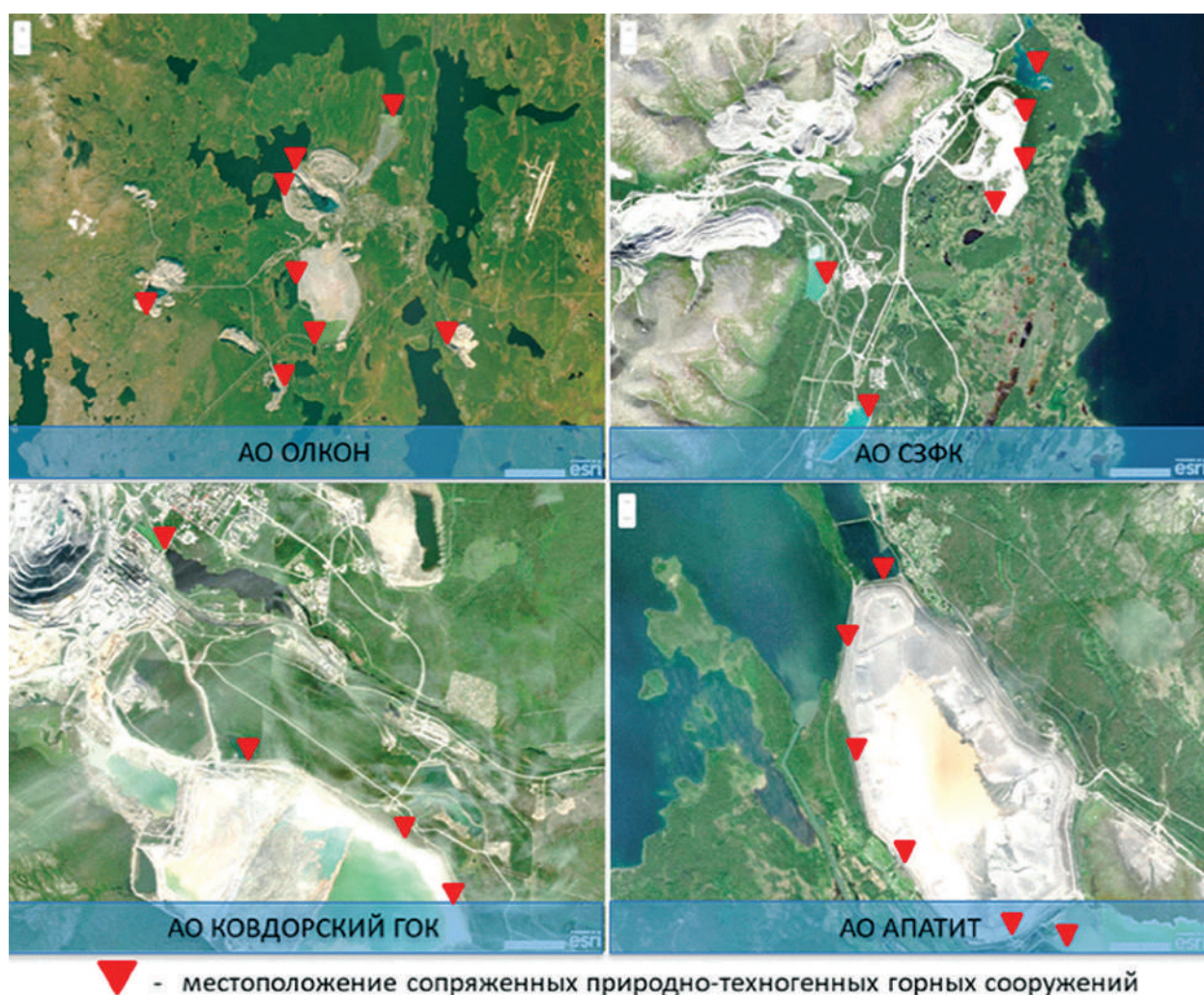


Рис. 1. Космоснимки группы горнопромышленных комплексов в Баренцевом/Евроарктическом регионе России

Методические основы и подходы

В Горном институте КНЦ РАН по госзаданию проводятся фундаментальные исследования, связанные с развитием теоретических и практических основ в области дистанционного и автоматизированного мониторинга горнотехнических комплексов и объектов энергетики [2–5]. На практике применяются комплексные методы и средства наблюдений: высокая детализация и точность измерений достигается стационарным и полевым инструментарием, а необходимая информативность и масштабность зоны покрытия обеспечиваются космическими и беспилотными летательными аппаратами [6].

В задачах промышленного и экологического мониторинга широкое применение находят многофункциональные космические и цифровые технологии дистанционного зондирования земной поверхности (ДЗЗ) [7]. Современные группировки космических аппаратов обеспечивают непрерывный удаленный сбор необходимой информации о местоположении и состоянии наземных объектов и территорий в режиме реального времени. Космосъемка ведется в нескольких диапазонах электромагнитного спектра (ультрафиолетовом, видимом, ближнем / среднем / дальнем инфракрасном и радарном) посредством специализированного аппаратно-программного комплекса. Методический подход к использованию космических и цифровых технологий в решении прикладных задач реализуется путем многоэтапного интегрированного поиска и комплексного анализа мультиспектральных пространственных данных (рис. 2). Исходная информация основополагается на архивных данных государственного надзора и контроля, отчетной технической документации, инженерных изысканий и промышленных систем мониторинга. Сбор ДЗЗ-данных производится удаленно с помощью отечественных и зарубежных космических аппаратов. Дешифрование и комплексный анализ пространственных данных производятся на базе прикладных ГИС и веб-платформ. Конечные материалы космосъемки предоставляются в виде: актуализированной информационной продукции и локальных баз данных; GPS-треков; 3Dмоделей; прогнозных карт; графических и статистических геоданных. Практические решения предполагают создание и организацию системы локальных или масштабных всесезонных наблюдений, выполняющей функции по оперативному обнаружению и оценке площади промышленных

загрязнений, поиску и идентификации опасных объектов и источников техногенных аварий, а также прогнозу и управлению рисками.

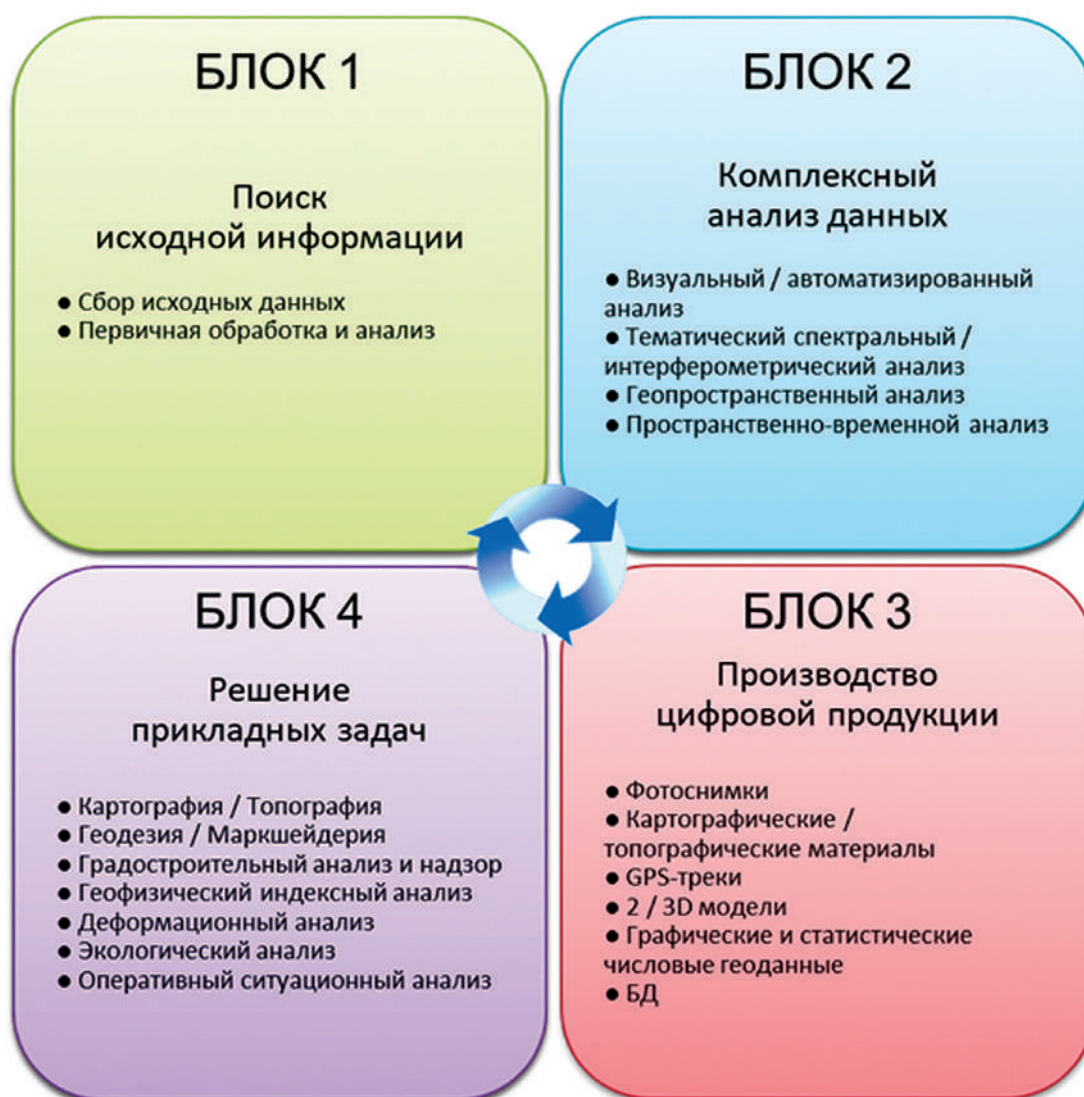


Рис. 2. Методический подход к практическому применению космических и цифровых технологий в задачах геомониторинга горнопромышленных объектов и территорий

Практический опыт и решения

На территории Баренцева/Евроарктического региона России реализован дистанционный прогностический мониторинг промышленной и экологической безопасности горно-гидротехнических комплексов. Разработаны и обоснованы экспертные методы ситуационной инструментальной оценки и диагностики технического состояния грунтовых дамб и плотин, которые позволяют удаленно выявить

сбросы вредных веществ на поверхности акватории и оценить фактические площади промышленных загрязнений в чрезвычайных ситуациях. Апробация методов осуществлена путем комбинирования оптико-электронных и радарных видов космосъемок с полевыми средствами наблюдений.

На одном из горных предприятий проведено обследование технического состояния ограждающей насыпной дамбы промышленного отстойника посредством радиолокационной космосъемки и георадарного зондирования. На основе интерферометрического анализа смещений земной поверхности с помощью группировки космических аппаратов Sentinel-1 оценены потенциальные риски просадки вмещающих грунтов, связанные с развитием опасных фильтрационно-деформационных процессов в основании и теле горно-гидротехнического сооружения. Анализ радарных и инфракрасных космоснимков подтвердил отсутствие рисков техногенных загрязнений близлежащего русла реки. По результатам детальных исследований установлен механизм формирования зон повышенной фильтрации в других частях конструкции сооружения, и предложены инженерно-технические решения по предотвращению возможных аварий [8].

В районах крупномасштабной добычи полезных ископаемых выполнена дистанционная качественная оценка состояния природных водных ресурсов посредством дешифрования мультиспектральных космоснимков Sentinel-2 (рис. 3). На основе пространственно-временного анализа спутниковых данных (рис. 4) идентифицированы потенциально опасные объекты и возможные источники промышленных загрязнений, а также определены масштабы и риски техногенных аварий (рис. 5). Высокая достоверность данных ДЗЗ коррелирует с результатами лабораторного геохимического анализа, подтверждающего содержание повышенных концентраций металлосодержащих элементов в составе проб воды, взятых на основании официальной проверки регионального надзорного ведомства по факту утечки вредных веществ в окружающую среду вследствие неблагоприятного воздействия природных и техногенных факторов [9–11]. Метод также может быть адаптирован и использован в задачах геомониторинга загрязнений водных ресурсов нефтепродуктами и другими бытовыми отходами.

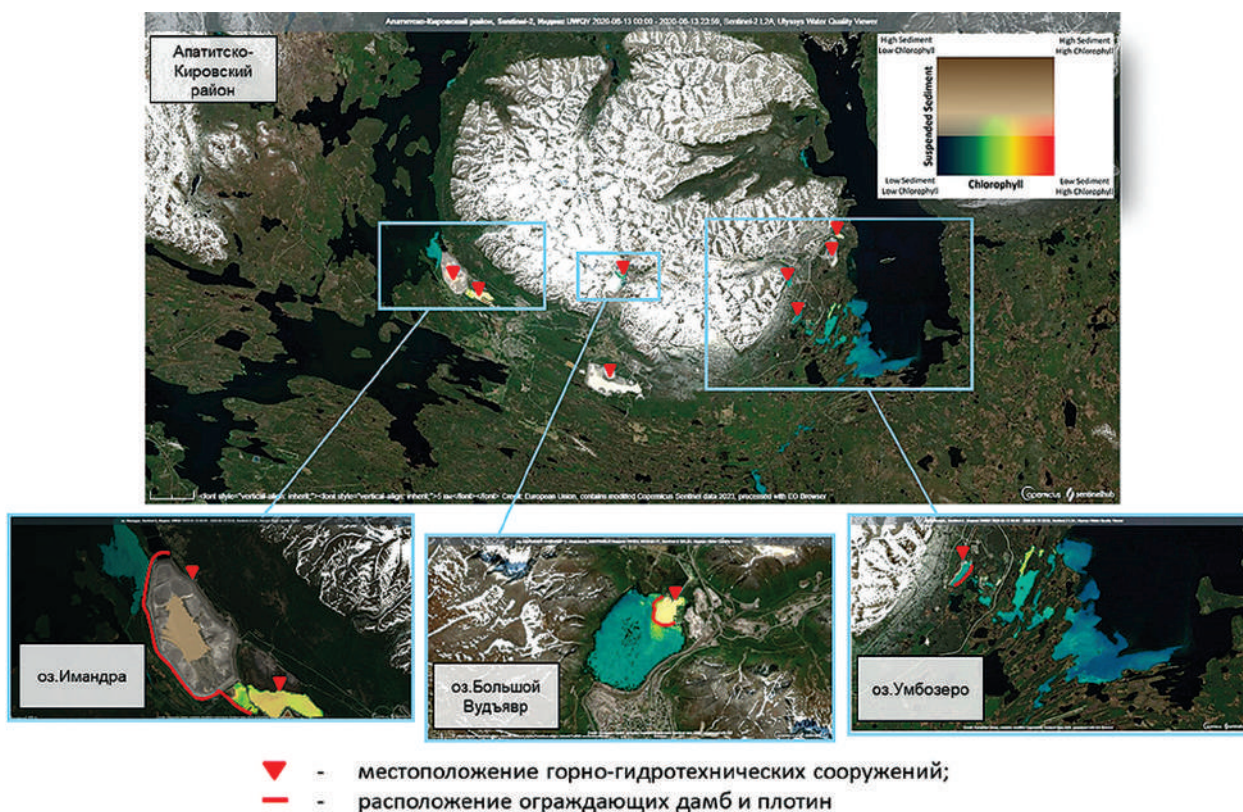


Рис. 3. Космомониторинг природных водных ресурсов в горнопромышленных районах Баренцева/Евроарктического региона России

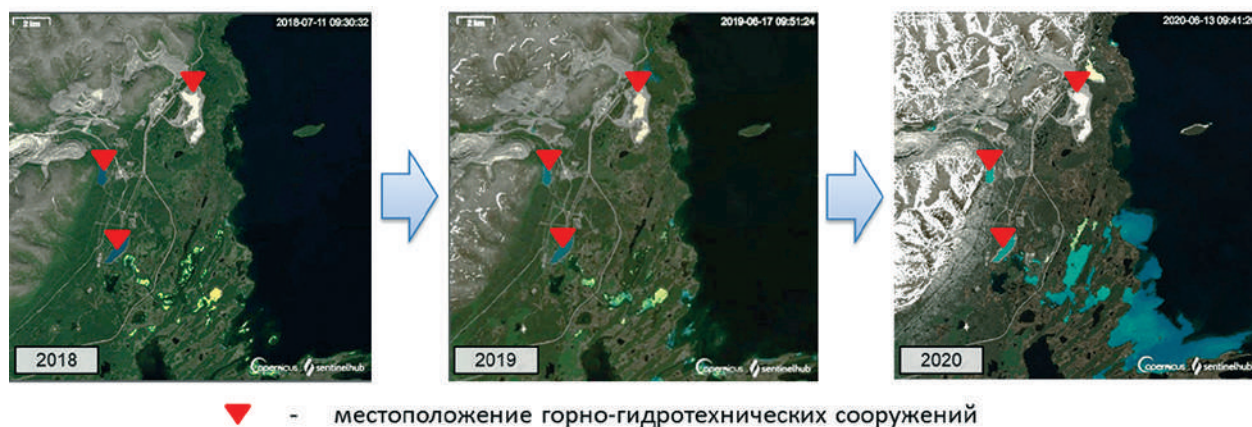
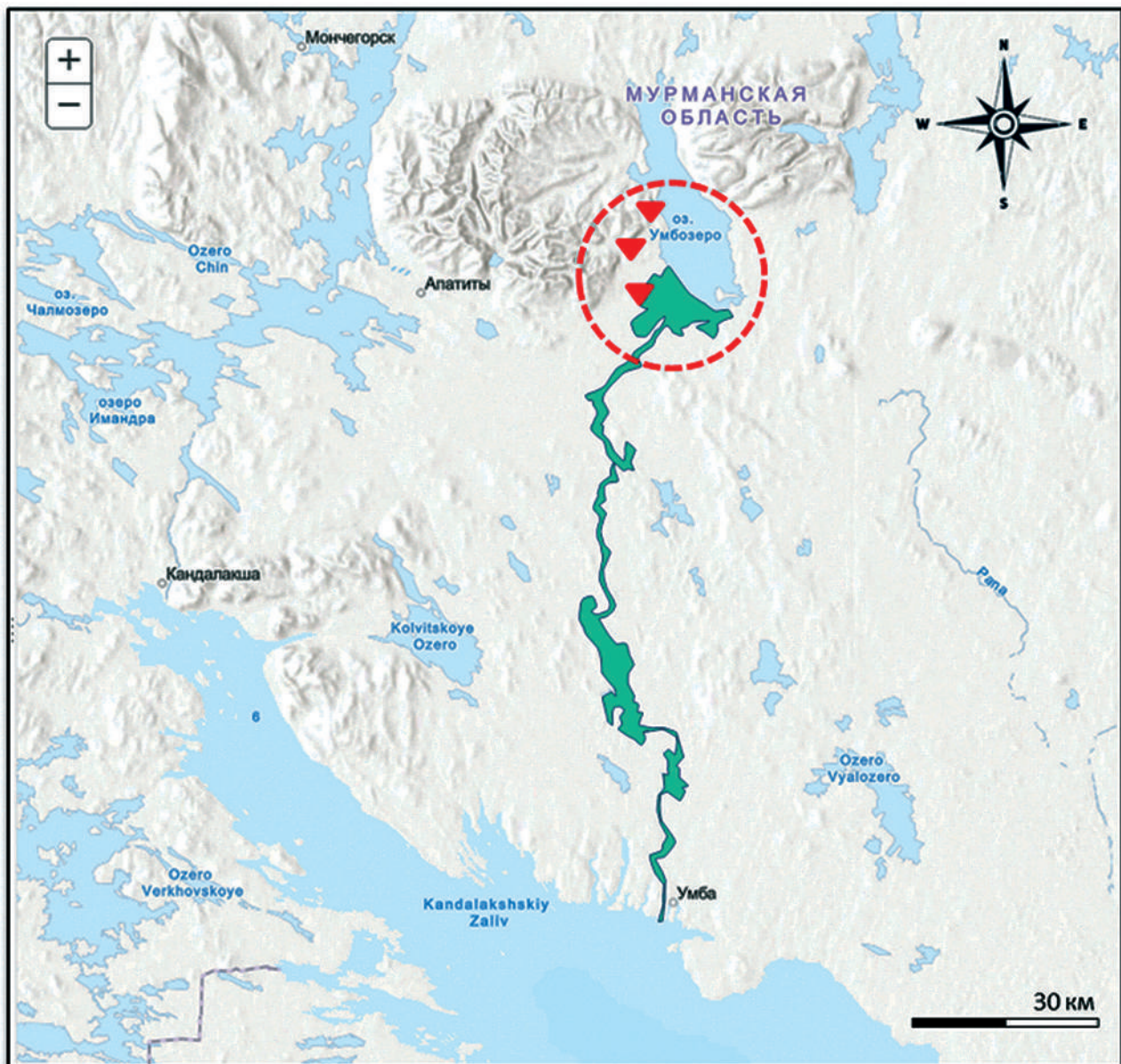


Рис. 4. Пространственной-временной спектрометрический индексный анализ техногенных загрязнений природных водных ресурсов на основе космоснимков Sentinel-2 L2a (примечание: в общей сложности обработано и проанализировано порядка 300 спутниковых изображений за май-сентябрь месяцы в период 2017–2022 гг.)






-  - местоположение горно-гидротехнических сооружений
-  - район произошедшей техногенной аварии (июнь 2020 г.)
-  - зона возможного загрязнения природных водных ресурсов

Рис. 5. Карта потенциальных рисков техногенных аварий в зоне строительства горно-гидротехнических сооружений на основе космических и цифровых технологий

Заключение

В рамках многолетних научно-исследовательских работ обоснованы методические основы и подходы к экспертной оценке и управлению рисками промышленных загрязнений природных водных ресурсов в условиях сопряженной природно-техногенной среды с помощью

космических и цифровых технологий, заключающейся в дешифровании оптико-электронных и радарных космоснимков путем визуального и автоматизированного мультиспектрального индексного геопространственного анализа данных на базе прикладных ГИС и веб-платформ. На примере Баренцева/Евроарктического региона России создана научно-техническая основа для решения задач дистанционного мультиточечного прогностического геомониторинга в обеспечении промышленной и экологической безопасности горно-гидротехнических сооружений. Сформулированы предложения по практическому применению методов космомониторинга природных водных ресурсов в горнопромышленных районах. Даны типовые рекомендации по надежному и безопасному строительству горно-гидротехнических комплексов в Арктике.

Список использованных источников

1. Министерство природных ресурсов. Мурманск // URL: <http://www.mnr.gov.ru/> (дата обращения: 25.01.2021).
2. Калашник А. И. Комплексные исследования и мониторинг хвостохранилищ горнопромышленных предприятий Кольского региона // Горный журнал. 2020. № 9. С. 101–106. DOI:10.17580/gzh.2020.09.15/.
3. Мельников Н. Н., Калашник А. И. Создание многоуровневой системы геодинамического мониторинга горнотехнических и нефтегазовых объектов западной части российского сектора Арктики // Арктика: экология и экономика. 2015. № 3 (19). С. 66–75.
4. Мелихов М. В. Космические технологии управления природно-техногенными рисками в горнопромышленных регионах // Всероссийская научно-техническая конференция с участием иностранных специалистов «Цифровые технологии в горном деле»: материалы Всероссийской конференции, 16–18 июня 2021 г. Апатиты, 2021. С. 38–39.
5. Mesyats S., Ostapenko S. Monitoring of environmental conditions of stockpiled ore mining and processing waste along satellite data // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM: материалы Международной конференции, 18–24 августа 2020 г. София, 2020. Т. 5.1. С. 537–544. DOI: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.068.
6. Многоуровневые комплексные исследования и мониторинг хвостохранилищ горнодобывающих предприятий северо-западной части российского сектора Арктики: монография / А. И. Калашник, Д. А. Максимов, Н. А. Калашник и др. Апатиты: КНЦ РАН, 2022/ 313 с. DOI: 10.37614/978.5.91137.465.5.

7. Мелихов М. В. Особенности геоинформационного космического мониторинга горнопромышленных природно-технических систем // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 12–1. С. 29–41. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_121_0_29.
8. Мелихов М. В. Геоинформационный космический мониторинг промышленной безопасности горно-гидротехнических природно-техногенных комплексов // Гидротехническое строительство. 2021. № 10. С. 2–9. DOI: 10.34831/EP.2021.97.56.001.
9. Росприроднадзор обнаружил причину загрязнения Умбозера в Мурманской области // Информационное агентство «Би-порт». 26.08.2020. URL: <https://b-port.com/news/243651> (дата обращения: 15.05.2023).
10. Концентрация железа в Умбозере превысила норму в три раза // РИА новости. 19.06.2020. URL: <https://ria.ru/20200619/1573178472.html> (дата обращения: 26.05.2023).
11. «Дочка» Акрона объяснила загрязнение Умбозера в июне сильным паводком и сходом селей // Интерфакс Россия. 21.10.2020. URL: <https://www.interfax-russia.ru/northwest/news/dochka-akrona-obyasnila-zagryaznenie-umbozera-v-iyune-silnym-pavodkom-i-shodom-seley> (дата обращения: 26.05.2023).