

Возможность мониторинга климатических и экологических рисков с использованием данных дистанционного зондирования Земли в банковском секторе

Г. Х. Гайнутдинова¹, Ю. В. Балмашев¹, В. Н. Коротков², Я. К. Куликов¹

¹ ПАО Сбербанк, Москва, 117997, Россия

E-mail: gkgaynutdinova@sberbank.ru

² Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля, Москва, 107258, Россия

E-mail: korotkovv@list.ru

В условиях глобальных изменений климата и растущих экологических угроз финансовые институты сталкиваются с необходимостью интеграции мониторинга климатических и экологических рисков в свою деятельность. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) может стать важным инструментом для оценки таких рисков, позволяя банкам интегрировать климатические и экологические факторы в свои бизнес-стратегии, управлять инвестиционными рисками, а также соответствовать международным стандартам устойчивого развития. Применение спутниковых данных позволяет финансовым организациям: оценивать состояние окружающей среды в районах расположения залоговых активов, выявлять потенциальные угрозы (например, утечки нефти, распространение лесных пожаров, увеличение концентрации вредных веществ в атмосфере), контролировать исполнение клиентами экологических норм и регламентов. Это значительно снижает инвестиционные риски и усиливает готовность организаций оперативно реагировать на требования международного сообщества в области экологической ответственности. Настоящая статья исследует актуальные аспекты практического применения технологий ДЗЗ в банковском секторе, также уделяя внимание развитию предиктивных моделей для прогнозирования климатических изменений. Вместе с тем отмечается наличие ряда ограничений и трудностей, препятствующих широкому внедрению ДЗЗ-технологий в банковские процессы. Исследование демонстрирует, как современные технологии дистанционного мониторинга могут способствовать повышению устойчивости банков в условиях глобальных экологических и климатических вызовов.

Ключевые слова: экологические риски, климатические риски, дистанционное зондирование Земли, банковский сектор, управление банковскими рисками

Одобрена к печати: 21.07.2025

DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-5-425-434

Введение

Климатические изменения и экологические риски оказывают значительное влияние на финансовую стабильность банков. Банковский сектор сталкивается с вызовами, связанными с увеличением частоты природных катастроф, нарушением экосистем и ухудшением состояния объектов залога. В таких условиях банки ищут новые инструменты для оценки рисков. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) даёт возможность получать актуальную информацию о состоянии окружающей среды, что позволяет своевременно принимать обоснованные решения, минимизировать риски и снижать потенциальные финансовые потери.

Использование данных ДЗЗ способствует интеграции климатических и экологических рисков в бизнес-процессы банков, что может положительно сказаться на их долгосрочной устойчивости. Внедрение ДЗЗ в мониторинг заёмщиков особенно актуально для финансовых учреждений, участвующих в финансировании проектов в регионах с уязвимыми экосистемами, где данные спутникового мониторинга могут оказаться практически единственным источником информации при принятии решений о кредитовании промышленных проектов.

Статья посвящена анализу возможностей применения ДЗЗ в банковском секторе для оценки и мониторинга экологических и климатических рисков, а также рассматривает меры, которые финансовые учреждения могут принять для адаптации к данным рискам, текущие ограничения и потенциальные направления дальнейшего развития ДЗЗ в России.

Управление экологическими рисками банка посредством анализа спутниковых данных

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (от 10.01.2002 № 7-ФЗ) определяет экологический риск как «вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера». Для банковского сектора такие риски представляют собой потенциальную угрозу финансовой устойчивости клиентов банка, связанную с последствиями их влияния на состояние окружающей среды. Среди наиболее значимых рисков выделяются загрязнение воздуха, воды и почвы; истощение природных ресурсов; ухудшение состояния экосистем; утрата биоразнообразия; несанкционированные выбросы и сбросы вредных веществ. Ужесточение экологического регулирования, предполагающее введение более строгих стандартов, может вынудить компании нести дополнительные расходы на модернизацию оборудования или уплату штрафов, что снижает их рентабельность. Рост общественной осведомлённости об экологических проблемах также способен изменить покупательское поведение, влияя на финансовые показатели компаний.

Использование данных ДЗЗ может позволить банкам проводить анализ текущего состояния окружающей среды и оперативно реагировать на изменения. Спутниковые данные фиксируют загрязнение воздуха, отслеживают динамику землепользования и выявляют экологические угрозы, способные негативно сказаться на заёмщиках и активах банка. Такая информация особенно ценна при оценке компаний, действующих в экологически чувствительных регионах России, где промышленная активность может привести к серьёзному экологическому ущербу.

Дистанционное зондирование Земли может предоставить кредиторам возможность контролировать выполнение экологических обязательств заёмщиков посредством (Bekhechi, 1999; Choy et al., 2024):

- соглашений о раскрытии информации, позволяющих оперативно получать данные о состоянии окружающей среды (мониторинг изменений ландшафта, загрязнения водоёмов, состояния лесов и других природных объектов);
- соглашений о действиях, посредством которых банки могут отслеживать прогресс в устранении или предотвращении экологического ущерба (например, восстановление лесных массивов или улучшение качества воды);
- соглашений об аудите, где аудиторы, осуществляющие экологический аудит, могут использовать данные ДЗЗ для подтверждения результатов анализа и предоставления визуальных доказательств состояния территорий.

Таким образом, данные ДЗЗ становятся эффективным инструментом контроля за соблюдением экологических обязательств между кредиторами и заёмщиками.

После одобрения сделки банк продолжает контролировать состояние заёмщика, залога и выполнение условий сделки посредством мониторинга. Оперативный мониторинг спутниковых данных включает отслеживание параметров окружающей среды и климатических условий, влияющих на объекты залога и деятельность банка.

Пример загрязнения окружающей среды: в мае 2021 г. в Республике Коми произошёл разлив нефти на Ошском месторождении вследствие разгерметизации нефтепровода (рис. 1, см. с. 427). Площадь загрязнённых земель составила около 1,3 га, 9 т нефти попали в реку Колву, а в Усинском районе Коми был введён режим чрезвычайной ситуации (<https://tass.ru/proisshestiya/11518953>).

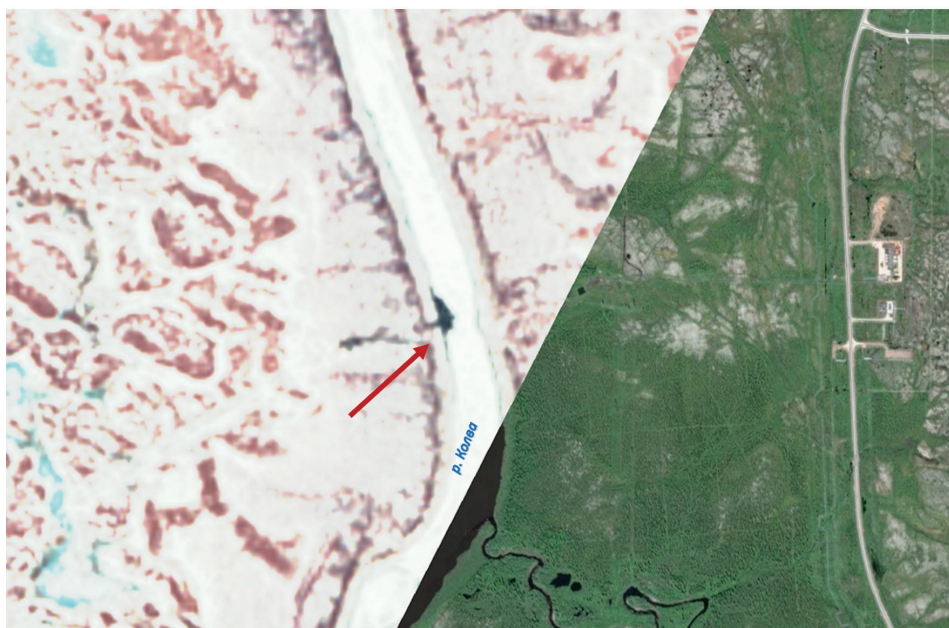


Рис. 1. Результаты мониторинга разлива нефти с использованием данных дистанционного зондирования. Зафиксирован нефтеразлив в районе дюкерного перехода (красная стрелка). Снимок Sentinel-2 от 20.04.2021 (цветовой композит в ближнем инфракрасном диапазоне) (слева) и снимок Google Earth (справа)

Обнаружение утечек в трубопроводах — критически важная задача для предотвращения экологических катастроф, пожаров и экономических потерь. Для этого применяются данные ДЗЗ и датчики. Данные ДЗЗ выявляют изменения растительности, тепловые аномалии и нефтяные пятна (Лабутина, Балдина, 2011). Датчики (акустические, волоконно-оптические, газоанализаторы и др.) дают точные данные в реальном времени (Лозовой, 2024; Низамутдинов, 2016).

Благодаря данным ДЗЗ банк может обнаружить экологический инцидент в течение первых суток, что позволяет оперативно реагировать на проблему. После выявления инцидента банк может связаться с клиентом для получения плана по устранению последствий аварии, а также контролировать наличие претензий со стороны властей и служб. Клиенты, выявленные в результате мониторинга, могут быть помещены в список наблюдения, что предполагает более тщательное сопровождение дальнейших операций.

Анализ газового состава атмосферы над промышленными предприятиями представляет собой важнейший аспект экологического мониторинга, позволяющий оценивать уровень техногенного воздействия на окружающую среду (Венецианский и др., 2022; Fioletov et al., 2016; Klimont et al., 2017). Современные методы исследования включают применение стационарных газоанализаторов, мобильных лабораторий, а также данные ДЗЗ (рис. 2, см. с. 428). Использование банками независимых спутниковых данных, таких как получаемые Sentinel-5P TROPOMI (англ. TROPOspheric Monitoring Instrument), может позволить оценивать соблюдение экологического законодательства и выявлять незамеченные ранее источники загрязнения окружающей среды.

Следует отметить, что комбинация данных ДЗЗ с наземными измерениями и атмосферными моделями повышает точность мониторинга и даёт возможность прогнозировать распространение загрязняющих веществ (Ialongo et al., 2020).

Экологические ковенанты, которые могут быть включены в кредитные договоры, обязывают заёмщика соблюдать экологические стандарты и предоставлять регулярную отчётность. Если нарушения будут выявлены, банк имеет право принять соответствующие меры, указанные в соглашении. Кроме того, сведения о допущенных нарушениях способны оказать влияние на деловую репутацию субъекта кредитования в рамках финансово-кредитной системы.

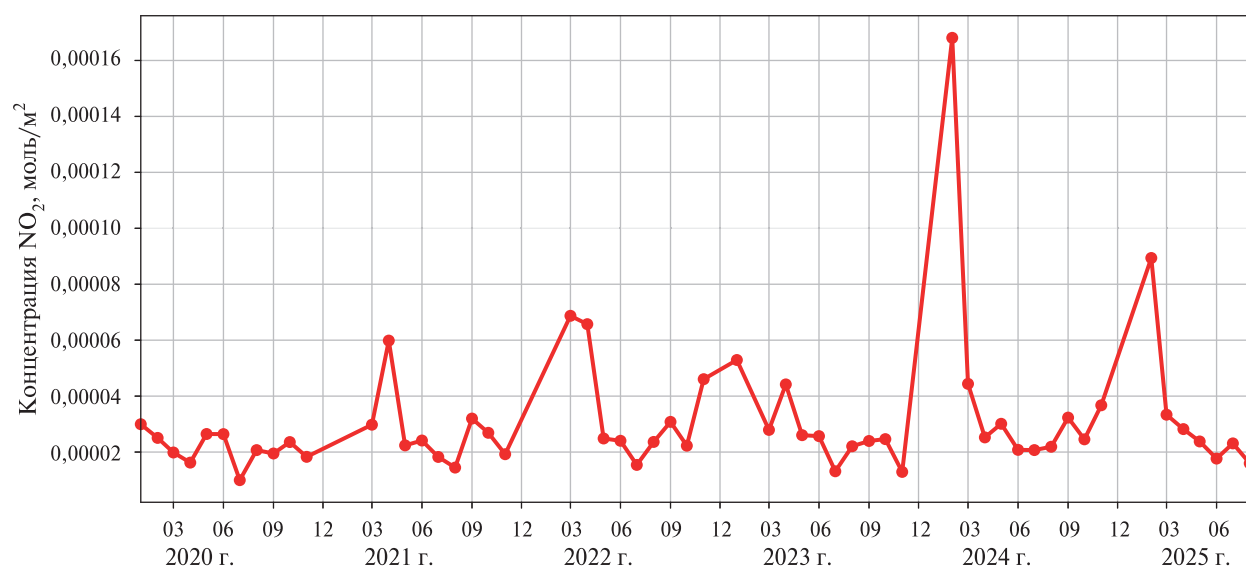


Рис. 2. Изменение концентрации диоксида азота (NO_2) над территорией промышленного комплекса группы «Фосфорит» в 2020–2025 гг. (в моль/м³) (данные миссии Sentinel-5P)

Международный опыт также демонстрирует эффективность использования ДЗЗ. Европейский инвестиционный банк активно применяет данные ДЗЗ для оценки воздействия своих проектов на окружающую среду. В 2022 г. он ввёл стандарты обязательной оценки экологических рисков для крупных инфраструктурных проектов, что позволило выявлять риски на ранних стадиях и оптимизировать управление кредитными портфелями (EIB..., 2021; European..., 2022). Такой опыт может служить ориентиром для российских банков при работе с заёмщиками, деятельность которых затрагивает экологически уязвимые территории.

Спутниковые данные в процессе управления климатическими рисками

Термин «климатический риск» становится всё более распространённым в контексте глобальной устойчивости и определяется как вероятность убытков, вызванных воздействием климатических изменений (Информационное..., 2023; Point..., 2023). Управление климатическими рисками становится стратегически важным направлением для различных отраслей, включая банковский сектор. Применение данных ДЗЗ для оценки климатических рисков позволяет оперативно выявлять возникающие угрозы и обеспечивает банки актуальной информацией о состоянии окружающей среды, что способствует обоснованному принятию решений.

Изменения климата, выражающиеся в повышении температуры, увеличении частоты и продолжительности засух, а также изменении режима осадков, создают условия для возникновения и распространения пожаров. Спутники фиксируют участки с повышенной температурой, что может указывать на существующий пожар или на места с высоким риском возгорания (Yang et al., 2024). Мониторинг таких участков помогает определить объекты залога, расположенные в зонах риска, что особенно значимо для регионов, где природные территории, такие как леса или сельскохозяйственные угодья, находятся вблизи недвижимого имущества, используемого в качестве залога. Пример снимка для анализа риска возгорания объекта представлен на рис. 3 (см. с. 429).

Особую актуальность получает комбинированный подход — интеграция спутниковых данных для выявления зон риска и результатов мониторинга с беспилотных авиационных систем для оперативного обнаружения возгораний. Такой подход формирует комплексную систему защиты промышленных активов, критически важную в условиях нарастающей климатической нестабильности (Горбачев, 2025). Особое значение это имеет для нефтехимиче-

ских кластеров и энергоёмких производств, где технологические тепловые поля требуют точной калибровки пороговых значений детекции.

Экстремальные осадки являются ещё одним источником климатического риска. Оперативный мониторинг аномальных осадков позволяет банкам оценивать вероятность наводнений и связанные с ними убытки, что особенно важно при оценке рисков залоговой недвижимости и инфраструктуры. В случае высокой вероятности наводнения банк может требовать от заёмщика сведения о наличии защитных сооружений (дамб, укрепленных берегов, систем дренажа), настоять на наличии страхового полиса или даже отказать в кредитовании объектов, расположенных в зонах с повышенным риском. Эти меры способствуют снижению объёма резервов, необходимых для покрытия возможных убытков, и обеспечивают дополнительную финансовую защиту банка (Федеральный закон от 10.07.2002 № 86-ФЗ «О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)»).

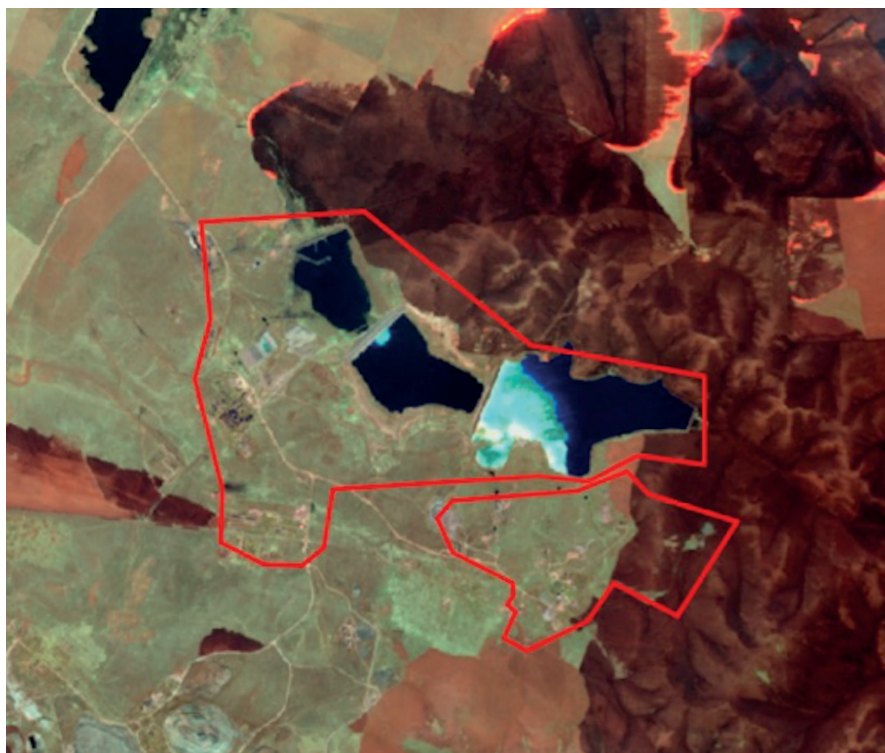


Рис. 3. Возгорание травы на территории «Приаргунского Производственного горно-химического объединения». Красным цветом выделена территория предприятия. Снимок Sentinel-2A. Дата съёмки: 09.05.2023

Современные подходы к оценке уязвимости промышленных объектов к наводнениям различаются в зависимости от используемых методов анализа и специфики рассматриваемых угроз. Одним из подходов является трёхуровневая система оценки, включающая анализ характеристик потенциального затопления (тип, глубина и продолжительность), идентификацию наиболее уязвимых элементов инфраструктуры и возможных сценариев аварий, а также комплексную проверку эффективности защитных мероприятий (Vallée, Duval, 2012). При этом современные технологии мониторинга, в частности методы ДЗЗ, существенно повышают точность прогнозирования и позволяют получать актуальные данные о состоянии потенциально опасных зон.

Использование данных ДЗЗ повышает эффективность мониторинга наводнений за счёт оперативного отслеживания динамики уровня воды в реках и озёрах, что позволяет прогнозировать риски прорыва плотин и резкого подъёма воды (Курганович и др., 2021; Yu et al., 2022). Применение географических информационных систем для интеграции данных

о рельефе местности, гидрологических особенностях и топографическом устройстве способствует созданию высокоточных моделей потенциальных зон подтоплений (Soracean et al., 2025). Подобный подход играет ключевую роль в проектировании эффективной инженерной защиты, обеспечивающей безопасность промышленных объектов в условиях роста гидрологической нагрузки и климатических изменений. Кроме того, мониторинг сопутствующих природных явлений (оползни, град, сильный ветер) может позволить комплексно оценивать риски для инфраструктуры, повышая точность оценок залогового имущества, позволяя финансовым учреждениям своевременно реагировать на угрозы сохранности объектов недвижимости, формулировать рекомендации по защите имущества и адаптировать банковские продукты к повышенным рискам природных катаклизмов.

Следует также отметить, что климатические изменения, приводящие к деградации многолетнемёрзлых грунтов, а также уменьшение их прочностных свойств и интенсификация ряда деструктивных геокриологических процессов создают значительные риски для промышленной инфраструктуры и, как следствие, для банков, финансирующих такие объекты (Доклад..., 2017). Спутниковые методы способны выявлять деформации поверхности, вызванные геокриологическими процессами. Данные риски могут привести к следующим последствиям в банковском секторе:

1. Прямые угрозы активам:
 - Термокарст и просадки грунта (усиленные потеплением) повреждают фундаменты зданий, трубопроводов и других критических объектов, увеличивая вероятность аварий.
 - Снижение несущей способности многолетнемёрзлых грунтов ставит под угрозу устойчивость промышленных сооружений в северных регионах (Анисимов, Лавров, 2004).
2. Финансовые последствия:
 - Удорожание обслуживания инфраструктуры (необходимость термостабилизации, мониторинга).
 - Падение стоимости залоговых активов из-за риска повреждений.
3. Инструменты управления рисками:
 - Спутниковая радарная интерферометрия (РСА-интерферометрия, SAR (англ. Synthetic Aperture Radar)), применяемая для мониторинга смещений земной поверхности и техногенных объектов, может позволить банкам отслеживать деформации в режиме, близком к реальному времени, и требовать от заёмщиков своевременного принятия превентивных мер (Бабаянц и др., 2021).
 - Климатические сценарии должны включать данные о деградации многолетнемёрзлых грунтов для оценки долгосрочной устойчивости проектов.

Перспективы развития источников и технологий для поставки данных ДЗЗ для оценки экологических и климатических рисков

Современные технологии ДЗЗ продолжают совершенствоваться, что открывает новые возможности для создания предиктивных моделей оценки климатических угроз. Измерения температуры, влажности, количества осадков и других параметров формируют основу для разработки моделей, способных прогнозировать вероятность возникновения экстремальных природных явлений, таких как наводнения, засухи или штормы. Предиктивные инструменты на основе данных ДЗЗ могут позволить банкам заранее выявлять уязвимые зоны и готовиться к потенциальным угрозам, снижая риски для активов и кредитных портфелей.

Разработка таких моделей способствует формированию комплексных стратегий управления климатическими рисками, что особенно важно для банков, адаптирующихся к глобальным климатическим изменениям. Корректировка условий кредитования и страхования, а также внедрение технологий защиты активов от природных катастроф — всё это помогает повысить устойчивость банковского сектора.

Эффективность продвижения технологий ДЗЗ существенно зависит от государственной политики и международной кооперации. Реализация государством программ, направленных на расширение и совершенствование орбитальной группировки, значительно повышает качество и доступность дистанционно-зондировочных данных, открывая новые возможности для научно-исследовательской деятельности и прикладного применения. Одновременно опыт международного сотрудничества между финансовыми институтами и исследовательскими центрами демонстрирует, как интеграция научных знаний и технологий способствует снижению рисков и повышению устойчивости финансовых учреждений. Эти примеры служат важным ориентиром для российских финансовых институтов, которым целесообразно инвестировать в развитие цифровых технологий и интегрировать современные решения в свои процессы управления рисками.

Заключение

Интеграция данных ДЗЗ в банковские процессы способна значительно повысить оперативность и обоснованность принимаемых решений, связанных с экологическими и климатическими рисками. Внедрение данных ДЗЗ в системы анализа кредитного риска может позволить банкам быстро реагировать на изменения в окружающей среде, укрепляя устойчивость кредитных портфелей.

Несмотря на наличие ряда ограничений, таких как высокая стоимость получения и анализа данных, потребность в привлечении высококвалифицированных специалистов и необходимость развития соответствующей нормативной базы, перспективы интеграции данных ДЗЗ в банковский сектор остаются значительными. Активное развитие научных исследований, реализация государственных программ и международное сотрудничество создают предпосылки для преодоления существующих барьеров. Это, в свою очередь, способствует принятию более взвешенных инвестиционных решений и разработке стратегических подходов к управлению рисками, что будет содействовать устойчивому развитию и повышению конкурентоспособности банковского сектора на рынке.

Литература

1. *Анисимов О. А., Лавров С. А.* Глобальное потепление и таяние вечной мерзлоты: оценка рисков для производственных объектов ТЭК // Технологии ТЭК. 2004. № 3. С. 78–83.
2. *Бабаянц И. П., Барях А. А., Волкова М. С. и др.* Мониторинг оседаний земной поверхности на территории г. Березники (Пермский край) методами спутниковой радарной интерферометрии. I. Дифференциальная интерферометрия // Геофиз. исслед. 2021. Т. 22. № 4. С. 73–89. DOI: 10.21455/gR2021.4-5.
3. *Венецианский А. С., Иванцова Е. А., Шуликина М. П.* Дистанционный мониторинг качества атмосферного воздуха города Волгограда // Природ. системы и ресурсы. 2022. Т. 12. № 2. С. 21–28. DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.3.
4. *Горбачев И. Н.* Методы и алгоритмы анализа снимков бортового видеорегистратора беспилотного летательного аппарата в системе управления мониторингом ландшафтных пожаров: дис. ... канд. техн. наук. Курск, 2025. 149 с.
5. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. СПб., 2017. 106 с.
6. Информационное письмо Банка России от 04.12.2023 № ИН-018-35/60 «О рекомендациях по учету климатических рисков для финансовых организаций».
7. *Курганович К. А., Шаликовский А. В., Босов М. А., Кочев Д. В.* Применение алгоритмов искусственного интеллекта для контроля паводкоопасных территорий // Водное хоз-во России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 3. С. 6–24. DOI: 10.35567/19994508-2021-3-1.
8. *Лабутина И. А., Балдина Е. А.* Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ: метод. пособие. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF России), 2011. 88 с.
9. *Лозовой С. В.* Системы обнаружения утечек на нефтяных и газовых месторождениях // Отходы и ресурсы. 2024. Т. 11. № 1. 10 с. DOI: 10.15862/03NZOR124.

10. *Низамутдинов Р.И.* Обнаружение утечек на нефтепроводах с безнапорными участками на принципах контроля основных параметров потока: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2016. 114 с.
11. *Bekhechi M.* Some observations regarding environmental covenants and conditionnalities in World Bank lending activities // *Max Planck Yearbook of United Nations Law Online*. 1999. V. 3. P. 287–314. DOI: 10.1163/187574199X00072.
12. *Choy S., Jiang S., Liao S., Wang E.* Public environmental enforcement and private lender monitoring: Evidence from environmental covenants // *J. Accounting and Economics*. 2024. V. 77(2). Article 101621. DOI: 10.1016/j.jacceco.2023.101621.
13. *Copăcean L., Man E. T., Cojocariu L. L. et al.* GIS-based flood assessment using hydraulic modeling and open source data: An example of application // *Applied Sciences*. 2025. V. 15. Article 2520. DOI: 10.3390/app15052520.
14. EIB Group Risk Management Disclosure report 2020. European Investment Bank Group, 2021. 142 p.
15. European Investment Bank environmental and social standards. European Investment Bank, 2022. 96 p.
16. *Fioletov V.E., McLinden C.A., Krotkov N. et al.* A global catalogue of large SO₂ sources and emissions derived from the Ozone Monitoring Instrument // *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2016. V. 16. Iss. 18. P. 11497–11519. DOI: 10.5194/acp-16-11497-2016.
17. *Ialongo I., Virta H., Eskes H. et al.* Comparison of TROPOMI/Sentinel-5 Precursor NO₂ observations with ground-based measurements in Helsinki // *Atmospheric Measurement Techniques*. 2020. No. 13. P. 205–218. DOI: 10.5194/amt-13-205-2020.
18. *Klimont Z., Kupiainen K., Heyes C. et al.* Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon // *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2017. V. 17. Iss. 14. P. 8681–8723. DOI: 10.5194/acp-17-8681-2017.
19. Point of departure and key concepts // *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK; NY, USA: Cambridge University Press, 2023. P. 121–196. DOI: 10.1017/9781009325844.003.
20. *Vallée A., Duval C.* Flooding of industrial facilities — vulnerability reduction in practice // *Chemical Engineering Transactions*. 2012. V. 26. P. 111–116. DOI: 10.3303/CET1226019.
21. *Yang L., Feng Y., Wang Y., Wang J.* Refined fire detection and band selection method in hyperspectral remote sensing imagery based on sparse-VIT // *Infrared Physics and Technology*. 2024. V. 137. Article 105104. DOI: 10.1016/j.infrared.2023.105104.
22. *Yu Q., Wang Y., Li N.* Extreme flood disasters: Comprehensive impact and assessment // *Water*. 2022. V. 14. Iss. 8. Article 1211. DOI: 10.3390/w14081211.

Monitoring climate and environmental risks using Earth remote sensing data in the banking sector

G. Kh. Gaynutdinova¹, Yu. V. Balmashev¹, V. N. Korotkov², Ya. K. Kulikov¹

¹ *Sberbank PJSC, Moscow 117997, Russia
E-mail: gkgaynutdinova@sberbank.ru*

² *Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow 107258, Russia
E-mail: korotkovv@list.ru*

In the context of global climate change and growing environmental threats, financial institutions face the need to integrate climate and environmental risk monitoring into their operations. Remote sensing of the Earth (RSE) can serve as a crucial tool for assessing such risks, enabling banks to incorporate climate and environmental factors into their business strategies, manage investment risks, and comply with international sustainable development standards. The application of satellite data allows financial organizations to: assess environmental conditions in areas where collateral assets are located, identify potential threats (such as oil spills, wildfire spread, increased concentrations of harmful substances in the atmosphere), and monitor clients' compliance with environmental regulations. This significantly reduces investment risks and enhances organizations' ability to respond promptly to international environmental responsibility requirements. This article examines current aspects of practical application of RSE technologies in the banking sector, while also focusing on the development of predictive models

for forecasting climate change. At the same time, it highlights a number of limitations and barriers hindering widespread adoption of RSE technologies in banking processes. The study demonstrates how modern remote monitoring technologies can contribute to enhancing banks' resilience in the face of global environmental and climate challenges.

Keywords: environmental risks, climate risks, Earth remote sensing, banking sector, risk management in banking

Accepted: 21.07.2025

DOI: 10.21046/2070-7401-2025-22-5-425-434

References

1. Anisimov O. A., Lavrov S. A., Global warming and permafrost melting: risk assessment for energy industry facilities, *Tekhnologii TEK*, 2004, No. 3, pp. 78–83 (in Russian).
2. Babayants I. P., Baryakh A. A., Volkova M. S. et al., Monitoring of land surface subsidence in Berezniki (Perm Krai) using satellite radar interferometry methods. I. Differential interferometry, *Geophysical Research*, 2021, V. 22, No. 4, pp. 73–89 (in Russian), DOI: 10.21455/gR2021.4-5.
3. Venetsiansky A. S., Ivantsova E. A., Shulikina M. P., Remote monitoring of air quality in the City of Volgograd, *Natural Systems and Resources*, 2022, V. 12, No. 2, pp. 21–28 (in Russian), <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.3>.
4. Gorbachev I. N., *Metody i algoritmy analiza snimkov bortovogo videoregistratora bespilotnogo letatel'nogo apparata v sisteme upravleniya monitoringom landshaftnykh pozharov: Diss. ... kand. tekhn. nauk* (Methods and algorithms for analyzing onboard UAV video recorder imagery in landscape fire monitoring management systems, Cand. tech. sci. thesis), Kursk, 2025, 149 p. (in Russian).
5. *Doklad o klimaticheskikh riskakh na territorii Rossiiskoi Federatsii* (Report on climate risks in the Russian Federation), Saint Petersburg, 2017, 106 p. (in Russian).
6. *Informatsionnoe pis'mo Banka Rossii "O rekomendatsiyakh po uchetu klimaticheskikh riskov dlya finansovykh organizatsii"* (Information letter of the Bank of Russia "On recommendations for accounting for climate risks for financial organizations"), Dec. 4, 2002, No. IN-018-35/60 (in Russian).
7. Kurganovich K. A., Shalikovskiy A. V., Bosov M. A., Kochev D. V., Application of artificial intelligence algorithms to control the use of flood-prone areas, *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, 2021, No. 3, pp. 6–24 (in Russian), DOI: 10.35567/19994508-2021-3-1.
8. Labutina I. A., Baldina E. A., *Ispol'zovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniya dlya monitoringa ehkossistem OOPT: metodicheskoe posobie* (Remote sensing data for monitoring protected area ecosystems: Methodological guide), Moscow: World Wildlife Fund (WWF Russia), 2011, 88 p. (in Russian).
9. Lozovoy S. V., Leak detection systems in oil and gas fields, *Russian J. Resources, Conservation and Recycling*, 2024, V. 11, No. 1, 10 p. (in Russian), DOI: 10.15862/03NZOR124.
10. Nizamutdinov R. I., *Obnaruzheniye utechek na nefteprovodakh s beznapornymi uchastkami na printsipakh kontrolya osnovnykh parametrov potoka: Diss. ... kand. tekhn. nauk* (Detection of leaks in oil pipelines with gravity-flow sections based on monitoring of main flow parameters: Cand. tech. sci. thesis), Saint Petersburg, 2016, 114 p. (in Russian).
11. Bekhechi M., Some observations regarding environmental covenants and conditionnalities in World Bank lending activities, *Max Planck Yearbook of United Nations Law*, 1999, V. 3, pp. 287–314, DOI: 10.1163/187574199X00072.
12. Choy S., Jiang S., Liao S., Wang E., Public environmental enforcement and private lender monitoring: Evidence from environmental covenants, *J. Accounting and Economics*, 2024, V. 77(2), Article 101621, DOI: 10.1016/j.jacceco.2023.101621.
13. Copăcean L., Man E. T., Cojocariu L. L. et al., GIS-based flood assessment using hydraulic modeling and open source data: An example of application, *Applied Sciences*, 2025, V. 15, Article 2520, DOI: 10.3390/app15052520.
14. *EIB Group Risk Management Disclosure report 2020*, European Investment Bank Group, 2021, 142 p.
15. *European Investment Bank Environmental and Social Standards*, European Investment Bank, 2022, 96 p.
16. Fioletov V. E., McLinden C. A., Krotkov N. et al., A global catalogue of large SO₂ sources and emissions derived from the Ozone Monitoring Instrument, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2016, V. 16, Iss. 18, pp. 11497–11519, DOI: 10.5194/acp-16-11497-2016.
17. Ialongo I., Virta H., Eskes H. et al., Comparison of TROPOMI/Sentinel-5 Precursor NO₂ observations with ground-based measurements in Helsinki, *Atmospheric Measurement Techniques*, 2020, No. 13, pp. 205–218, DOI: 10.5194/amt-13-205-2020.

18. Klimont Z., Kupiainen K., Heyes C. et al., Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2017, V. 17, Iss. 14, pp. 8681–8723, DOI: 10.5194/acp-17-8681-2017.
19. Point of departure and key concepts, In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, UK; NY, USA: Cambridge University Press, 2023, pp. 121–196, DOI: 10.1017/9781009325844.003.
20. Vallée A., Duval C., Flooding of industrial facilities — vulnerability reduction in practice, *Chemical Engineering Transactions*, 2012, V. 26, pp. 111–116, DOI: 10.3303/CET1226019.
21. Yang L., Feng Y., Wang Y., Wang J., Refined fire detection and band selection method in hyperspectral remote sensing imagery based on sparse-VIT, *Infrared Physics and Technology*, 2024, V. 137, Article 105104, DOI: 10.1016/j.infrared.2023.105104.
22. Yu Q., Wang Y., Li N., Extreme flood disasters: Comprehensive impact and assessment, *Water*, 2022, V. 14, Iss. 8, Article 1211, DOI: 10.3390/w14081211.