Научная статья
УДК 551.583, 338.24
DOI: 10.46418/3033-7852_2026_3_3_44–52

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ДЛЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Иван Владимирович Антонов, Арина Алексеевна Образцова

Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия

© Антонов И. В., Образцова А. А., 2026

Автор-корреспондент: И. В. Антонов, e-mail: signalsb@yandex. ru

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты разработки структуры информационной системы управления климатическими рисками для территориально-производственных комплексов на примере Санкт-Петербурга. Первоначально были рассмотрены существующие тенденции в вопросе изучения изменения климата и возникающие последствия этого явления. Далее выделены и изучены климатические риски, причины появления и последствия их развития на территории Санкт-Петербурга. Сделан обзор материалов, в которых отражены последствия, произошедшие из-за изменения климата. Обобщены подходы и модели описания процессов развития и прогнозирования климатических рисков. Для управления данными процессами предложена информационная система управления климатическими рисками в Санкт-Петербурге, как возможного раздела государственной информационной системы в сфере охраны окружающей среды и природопользования «Экологический паспорт территории Санкт-Петербурга». Система состоит из двух блоков: информационный и моделирующий. Информационный блок системы реализуется на базе Microsoft Access и является реляционной базой геоданных. Моделирующий блок представляет собой набор математических моделей, описывающих те или иные процессы развития климатических рисков. При апробации системы рассмотрены результаты многолетних наблюдений за процессами изменения береговой линии Финского залива, и представлен процесс работы с информационной системой. Разработанная структура информационной системы управления климатическими рисками в Санкт-Петербурге может быть гармонично встроена в существующую ГИС и позволит накапливать, обобщать, анализировать и представлять в требуемом формате информацию о климатических рисках при принятии управленческих решений. Данная структура системы может быть использована для управления климатическими рисками при реализации мероприятий для любых рассматриваемых территориально-производственных комплексов.

Ключевые слова: климатические риски, информационная система управления, Санкт-Петербург, изменение климата, абразия

Для цитирования: Антонов И. В., Образцова А. А. Разработка структуры информационной системы управления климатическими рисками для территориально-производственных комплексов // Технология и энергетика. 2026. № 3 (3). С. 44–52. DOI: 10.46418/3033-7852_2026_3_3_44–52.

DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF AN INFORMATION SYSTEM FOR CLIMATE RISK MANAGEMENT FOR TERRITORIAL PRODUCTION COMPLEXES

Ivan Vladimirovich Antonov, Arina Alekseevna Obraztsova

Higher School of Technology and Energy, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author: I. V. Antonov, e-mail: signalsb@yandex. ru

ABSTRACT

The article presents the results of developing the structure of an information system for managing climate risks for territorial and production complexes, using the city of Saint Petersburg as an example. Initially, existing trends in the study of climate change and the resulting consequences of this phenomenon were examined. Subsequently, climate risks, the causes of their emergence, and the consequences of their development in the territory of Saint Petersburg were identified and studied. A review of materials reflecting the consequences resulting from climate change was carried out. Approaches and models describing the processes of development and forecasting of climate risks have been summarized. To manage these processes, an information system for managing climate risks in the city of St. Petersburg has been proposed as a possible component of the state information system in the field of environmental protection and natural resource management — the "Environmental Passport of the St. Petersburg Territory". The system consists of two blocks: an information block and a modeling block. The information block of the system is implemented on the basis of Microsoft Access and represents a relational geodatabase. The modeling block is a set of mathematical models describing various processes related to the development of climate risks. During the testing of the system, the results of long-term observations of the processes of changes in the coastline of the Gulf of Finland were examined, and the process of working with the information system was presented. The developed structure of the information system for managing climate risks in the city of Saint Petersburg can be seamlessly integrated into the existing GIS and will make it possible to accumulate, generalize, analyze, and present information about climate risks in the required format when making management decisions. This system structure can be used to manage climate risks when implementing measures for any considered territorial and production complexes.

Keywords: climate risks, information management system, Saint Petersburg, climate change, abrasion

For citation: Antonov I. V., Obraztsova A. A. (2026) 'Development of the structure of an information system for climate risk management for territorial production complexes', Technology and Energy, no. 3(3), pp. 44–52. DOI: 10.46418/3033-7852_2026_3_3_44–52.

ВВЕДЕНИЕ

Антропогенное влияние приводит к истощению природных ресурсов, перемене ландшафтов, сокращению биологического разнообразия и изменению климата — все эти процессы необратимы [1, 2]. Если не снизить негативное воздействие на окружающую среду и не предусмотреть на территориях мероприятий для адаптации к грядущим изменениям, то человечество рискует лишиться многих природных ценностей. Основная причина изменения климата — быстрый рост среднегодовой температуры атмосферы Земли и Мирового океана, который ведёт к глобальному потеплению. В последнее время из-за стремительного развития экономики и промышленности количество парниковых газов стало очень высоким [3–5]. С целью адаптации к изменениям климата и минимизации антропогенного воздействия в Российской Федерации на федеральном и региональном уровнях принимаются оперативные и долгосрочные меры по реализации адаптационных мероприятий в соответствии с планами адаптации отрасли и/или субъекта. Особенно остро изменение климата проявляется в прибрежных районах, в частности, на территории Санкт-Петербурга.

Необходим новый способ адаптации территории Санкт-Петербурга к климатическим изменениям, который расширит область действия и наблюдений и поможет при решении управленческих задач и принятии важных конструкторских решений. При решении данного актуального вопроса ключевым становится создание информационной системы управления климатическими рисками в Санкт-Петербурге как возможного раздела государственной информационной системы в сфере охраны окружающей среды и природопользования «Экологический паспорт территории Санкт-Петербурга».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время в Санкт-Петербурге Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности используется государственная информационная система в сфере охраны окружающей среды и природопользования «Экологический паспорт территории Санкт-Петербурга». Данная система предназначена для хранения и представления органам исполнительной власти, конкретным организациям, гражданам информации: о состоянии окружающей среды и природно-ресурсном потенциале территории; об уровне техногенного воздействия на окружающую среду; о потенциально экологически опасных объектах; об объектах, подлежащих государственному экологическому контролю, осуществляемому исполнительными органами государственной власти Санкт-Петербурга; о природных и антропогенных процессах, представляющих потенциальную угрозу для жизни людей и хозяйственной деятельности на данной территории; о территориях, на которых действуют экологические ограничения на какие-либо виды хозяйственной деятельности [6].

В виду того, что Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности эксплуатирует данную систему, а с другой стороны, принимает участие в разработке регионального плана адаптации Санкт-Петербурга, то актуальной задачей является внедрение в существующую ГИС в сфере охраны окружающей среды и природопользования «Экологический паспорт территории Санкт-Петербурга» блока «Информационная система управления климатическими рисками в городе Санкт-Петербурге» [7, 8].

В исследовании была разработана структура блока «Информационная система управления климатическими рисками в городе Санкт-Петербурге». Данная система состоит из двух блоков: информационный и моделирующий. Общий вид ГИС в сфере охраны окружающей среды и природопользования «Экологический паспорт территории Санкт-Петербурга» с разработанным блоком показан на рисунке 1.

Информационный блок реализуется как база геоданных и включает различные связанные наборы классов объектов об антропогенном воздействии, информацию о водных объектах, подвергающихся негативному воздействию, и информационную часть о погодных условиях, требованиях законодательства, перечне мероприятий по адаптации к изменению климата. При проработке архитектуры моделирующего блока были изучены существующие модели, описывающие развитие тех или иных рисков. Рассматривались только те модели, которые уже реализованы в виде программных продуктов или описаны таким образом, чтобы можно было внедрить в информационную систему [9–12].

Моделирующий блок основан на десяти климатических рисках, которым присвоен определённый уровень опасности (рисунок 2). В данном блоке собран перечень, существующих на данный момент программ и математических моделей, по которым производят расчёт того или иного опасного явления.



Рисунок 1. Структура информационной системы управления климатическими рисками в Санкт-Петербурге (затонирована разработанная в исследовании система управления климатическими рисками в Санкт-Петербурге)

Figure 1. Structure of the climate risk management information system in Saint Petersburg (the climate risk management system for Saint Petersburg developed in this work is shaded)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На территории Санкт-Петербурга наиболее значимыми считаются 10 климатических рисков. У каждого риска есть свой класс опасности, который присваивается исходя из последствий, которые остаются после его проявления, чем сильнее влияние на человека, тем риск опаснее. Есть риск, который не имеет прямого влияния на людей, и по этой причине он не считается опасным, однако для окружающей среды он имеет огромное значение. Риск абразии — разрушение береговой линии, для Санкт-Петербурга как для города с большим количеством водоёмов и водотоков, а также береговой линией Финского залива, как раз и является значимым.

Если пренебрегать мерами по укреплению береговой полосы, то прибрежные территории будут отступать, а вместе с ними будет сокращаться разнообразие живых организмов прибрежной зоны, возникать аварийные случаи с разрушением ландшафтов, строений и инфраструктуры.

Как описывалось выше, информационный блок системы реализуется на базе Microsoft Access и представляет собой реляционную базу геоданных. Часть системы для описания риска абразии и планирования мероприятий по данному риску представляет собой набор из пяти классов объектов: водные объекты, точки контроля, данные мониторинга, перечень мероприятий, реализуемые

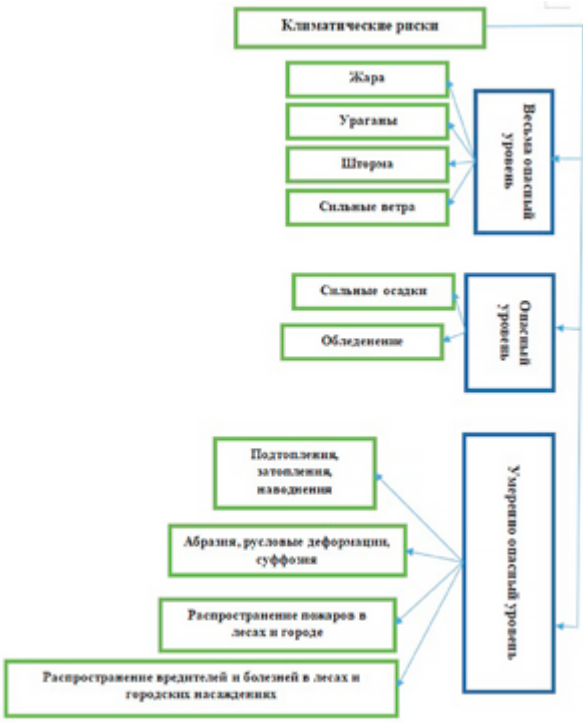


Рисунок 2. Часть блок-схемы. Основа таблицы База данных
Figure 2. Part of the flowchart. Basis of the Database table

мероприятия (рисунок 3). В качестве информации для наполнения базы геоданных использовались материалы

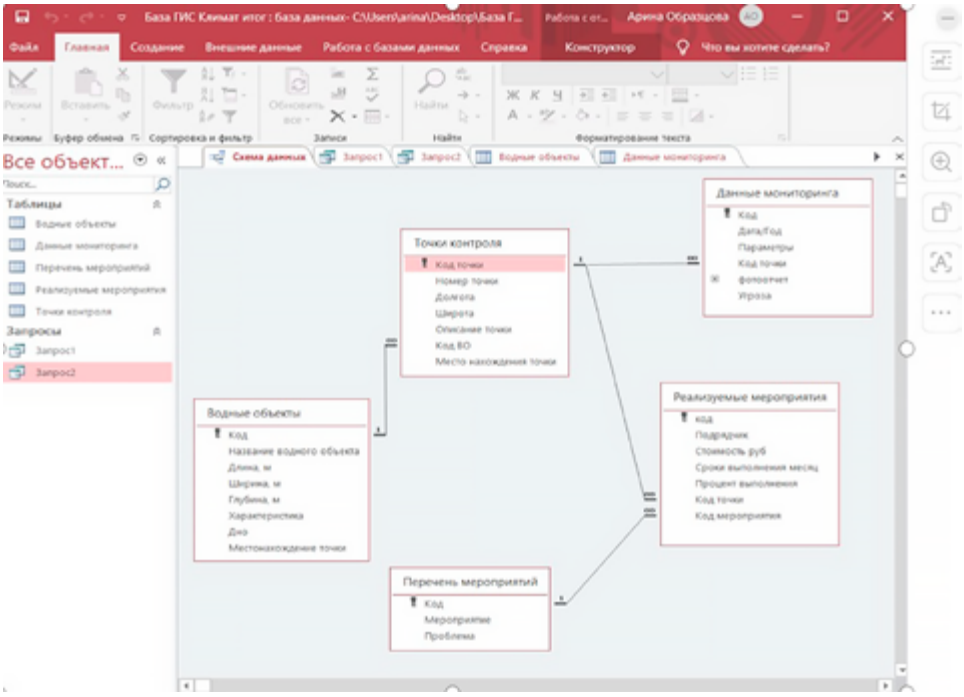


Рисунок 3. Фрагмент базы геоданных информационного блока по климатическому риску
Figure 3. Fragment of the geodatabase of the information block on climate risk

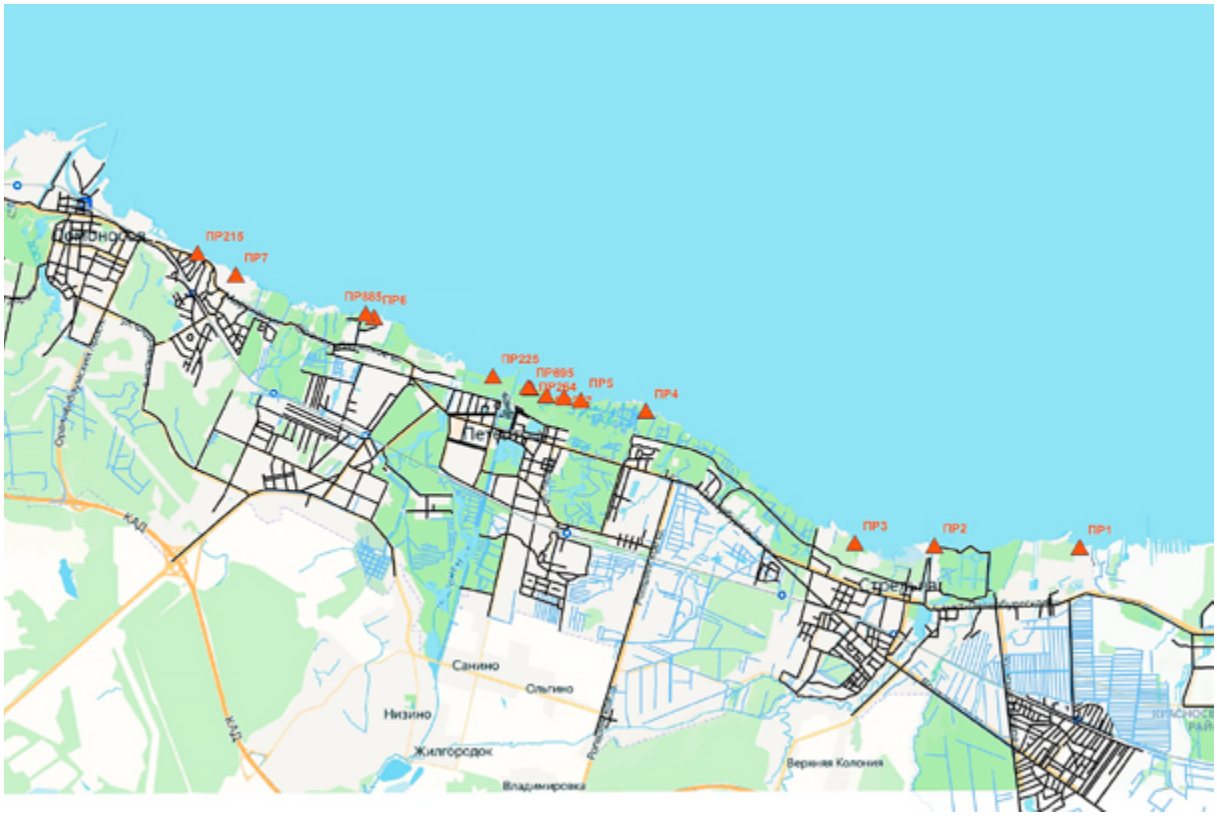


Рисунок 4. Точки, на основе которых составлена таблица «Точки контроля»
Figure 4. Points on the basis of which the "Control Points" table was compiled

из отчёта по мониторингу состояния береговой полосы, осуществленного СПб ГБУ «Минерал».

Первый класс объектов «Водные объекты» содержит перечень названий водных объектов, их гидрологические характеристики (длина, ширина, глубина, характер дна), описание места отбора проб и непосредственное нахождение точки отбора.

Второй класс объектов «Точки контроля» включает наименование точки, её координаты и описание конкретного места на водном объекте. Всего для анализа выбрано 14 точек, расположенных в Ломоносовском и Петродворцовом районе Санкт-Петербурга. Нанесённые точки контроля в системе ГИС приведены на рисунке 4.

По точке ПР4 указаны следующие данные: координаты 59.883206° с. ш. 29.953093° в. д.; местонахождение: государственный природный заказник, южное побережье Невской губы; описание точки: берег низменный, зарастающий, полого переходящий в береговую террасу, точного положения линии уреза воды не наблюдается, аккумулятивных форм в береговой зоне не отмечено, следов переработки берегов не наблюдается.

Третий класс объектов «Данные мониторинга» включает информацию о дате отбора проб, исследуемые параметры, фотофиксацию непосредственного фактического положения в месте исследования и возможное негативное воздействие, которое приводит к разрушению береговой линии.

Для точки контроля ПР5: дата контроля — 11.06.2024; контролируемые параметры: степень осыпания склона и контроль за абразивными процессами, нужно отметить, что место, где отбирается проба, в особой степени подвержено экзогенным геологическим процессам (рисунок 5).

Четвёртый класс объектов «Перечень мероприятий» включает перечень из 41-го мероприятия по предотвращению негативного влияния, которое приводит к изменению рельефа.

При анализе существующего положения и происходящим изменениям во времени в каждой конкретной точке контроля данного климатического риска формируется перечень мероприятий, которые могут быть применены для ликвидации последствий для территории.

Для точек ПР1, ПР225, ПР885 и ПР7 одним из негативных факторов, влияющих на изменение береговой



Рисунок 5. Фотографии береговой зоны в точке наблюдения ПР5 и космоснимок места отбора точки ПР5
Figure 5. Photographs of the coastal zone at observation point PR5 and a satellite image of the sampling location of point PR5

линии, является сильно заросшая тростником прибрежная территория и для каждой точки можно выбрать одно или несколько мероприятий из предложенного перечня. Наиболее оптимальным и эффективным является постоянное изучение растительности и контроль эффективности проведённых раннее мероприятий. Перечень мероприятий приведён в таблице.

Общий вид участка береговой линии Финского залива в созданной информационной системе приведён на рисунке 6.

Создание программы, как эффективного и удобного инструмента для управления климатическими рисками необходимо обществу и будет популярно для разных сфер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

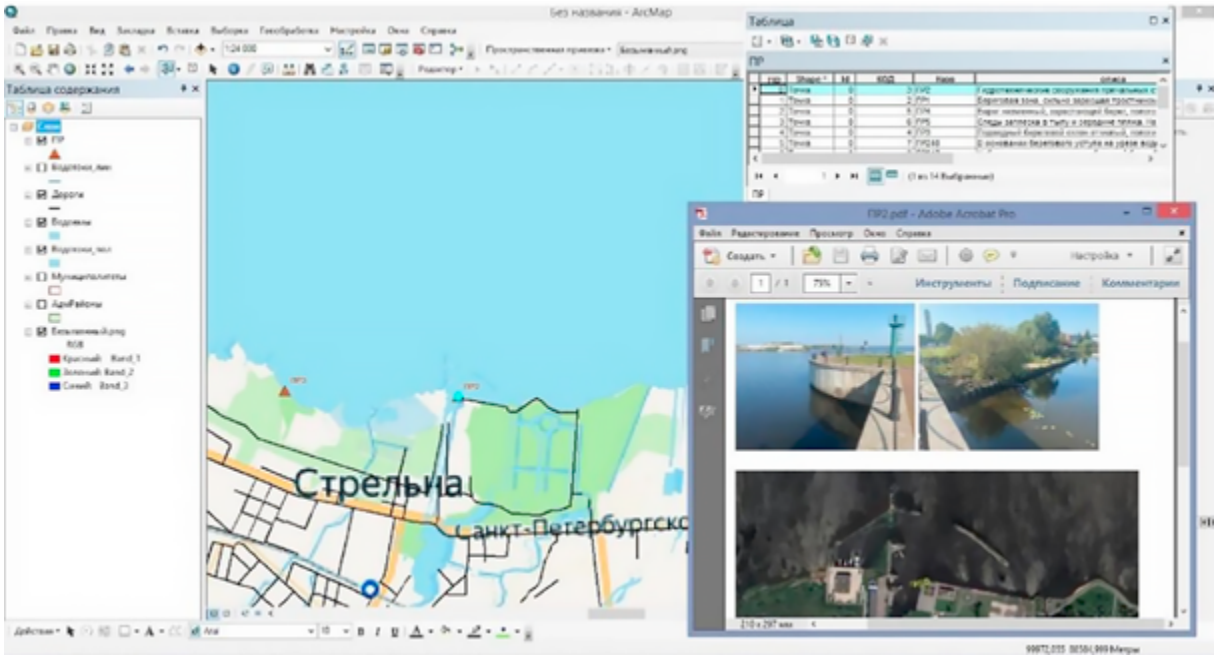
В рамках работы были рассмотрены вопросы, связанные с изменением климата как глобально, так и локально, изучены климатические риски, причины появления и последствия их развития на территории Санкт-Петербурга, разработана структура информационной системы управления климатическими рисками в Санкт-Петербурге, как возможного раздела государственной информационной системы в сфере охраны окружающей среды и природопользования «Экологический паспорт территории Санкт-Петербурга». Разработанный раздел информационной системы состоит из двух блоков: информационного и моделирующего.

Информационный блок подразделяется на секции: атмосфера, гидросфера и литосфера и реализуется как база геоданных. Он включает различные связанные наборы классов объектов об антропогенном воздействии, информацию о водных объектах, подвергающихся негативному воздействию, информационную часть о погодных условиях и требованиях законодательства, перечень мероприятий по адаптации к изменению климата. В моделирующем блоке собран перечень, существующих на данный момент программ и математических моделей, по которым производят расчёт того или иного опасного явления.

Разработанная система обеспечит надёжное хранение информации, актуализацию данных по мере их обновления, быструю визуализацию возможных изменений и мероприятия по предотвращению опасности проявления рисков. Разработанная система представляет собой надежный инструмент при стратегическом и экологическом планировании в аспекте адаптации к изменению климата любой территории. Спроектированная схема внесёт весомый вклад в выполнение указа Президента РФ от 4 ноября 2020 года № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» и распоряжения Правительства РФ от 11 марта 2023 года № 559-р. В нём утверждён национальный план мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года.

Таблица. Перечень мероприятий для решения конкретной проблемы
Table. List of measures to solve a specific problem

Мероприятия	Негативный фактор
1. Регулярная механическая или ручная очистка от тростника	Сильно заросшая тростником береговая зона
2. Поддержание стабильного уровня воды для предотвращения распространения тростника	
3. Реализация программ по созданию широкой полосы растительности вдоль берегов	
4. Снижение загрязнения водоёма, путём контроля за сточными водами, в которых содержатся удобрения	
5. Посадка местных видов растений, способствующих борьбе с тростником	
6. Постоянное изучение состояния растительности и эффективности проведённых мер	



Рисунке 6. Общий вид геоинформационной системы Петродворцового и Ломоносовского районов Санкт-Петербурга
Figure 6. General view of the geographic information system of the Petrodvortsovy and Lomonosovsky districts of Saint Petersburg

Список литературы

1. Пердаева А. Антропогенное воздействие на биоразнообразие // Вестник науки. 2025. № 5 (86). URL: https://cyberleninka. ru/article/n/antropogennoe-vozdeystvie-na-bioraznoobrazie (дата обращения: 15.08.2026).
2. Keck F., Peller T., Alther R., Barouillet C., Blackman R., Capo E., Chonova T., Couton M., Fehlinger L., Kirschner D., Knüsel M., Muneret L., Oester R., Tapolczai K., Zhang H., Altermatt F. The global human impact on biodiversity. Nature. 2025 May; 641 (8062): 395–400. DOI: 10.1038/s41586-025-08752-2 (дата обращения: 14.07.2026).
3. Глазкова И. Н., Иванова А. А., Клюева А. А., Пьянова О. С. Анализ воздействия парниковых газов на окружающую среду: отечественный и зарубежный опыт // Вестник Академии знаний. 2024. № 4 (63). URL: https://cyberleninka. ru/article/n/analiz-vozdeystviya-parnikovyh-gazov-na-okruzhayuschuyu-sredu-otechestvennyy-i-zarubezhnyy-opyt (дата обращения: 10.08.2026).
4. Sand M., Ocko I. B., Sun T., Skeie R. B., Hauglustaine D. A., Warwick N. J., Stevenson D. S., Paulot F., Myhre G., Archibald A. T. et al. Climate impacts of hydrogen emissions. Nat. Rev. Earth Environ. 2026, 7, 359–373, https://doi. org/10.1038/s43017-026-00792-0 (дата обращения: 14.06.2026).
5. Reji L., Bertagni M. B., Paulot F. et al. Global implications of a low soil moisture threshold for microbial hydrogen uptake. Nat. Commun. 17, 515 (2026). https://doi. org/10.1038/s41467-025-67208-3 (дата обращения: 14.06.2026).
6. Главное управление специальных программ Президента Российской Федерации. Приказ от 14 апреля 2025 года № 101 Об утверждении Служебного распорядка Главного управления специальных программ Президента Российской Федерации: [зарегистрирован в Минюсте России 26 мая 2025 года]. Москва. URL: https://docs. cntd. ru/document/891841020? marker (дата обращения: 14.06.2026).
7. Экологический портал Санкт-Петербурга. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности // Официальный сайт. URL: https://comitet. ecopass. adc. spb. ru/map (дата обращения: 14.06.2026).
8. Реестр Государственных информационных систем // Официальный сайт. URL: https://reestr-gis. gov. spb. ru/gis/222794/basic_info_main (дата обращения: 14.06.2026).
9. Яковлева Е. Ю., Барабошкина А. В., Парусимова А. А. Реализация глобальной климатической повестки на уровне регионов России: климатический профиль регионов и обеспокоенность климатическими рисками // Государственное управление. Электронный вестник. 2026. № 116. URL: https://cyberleninka. ru/article/n/realizatsiya-globalnoy-klimaticheskoy-povestki-na-urovne-regionov-rossii-klimaticheskiy-profil-regionov-i-obespokoennost (дата обращения: 14.06.2026).
10. Свиязов Е. М., Ветров А. Л. Численное моделирование сильных летних осадков при различных вариантах шага регулярной сетки // Географический вестник. 2021. № 4 (59). URL: https://cyberleninka. ru/article/n/chislennoemodelirovanie-silnyh-letnih-osadkov-pri-

razlichnyh-variantah-shaga-regulyarnoysetki (дата обращения: 14.03.2026).
11. Sáez-Sandino T., Maestre F. T., Berdugo M. et al. Increasing numbers of global change stressors reduce soil carbon worldwide. Nat. Clim. Chang. 14, 740–745 (2024). https://doi.org/10.1038/s41558-024-02019-w (дата обращения: 14.03.2026).
12. Tufek A., Aktas M. S. (2022). A Systematic Literature Review on Numerical Weather Prediction Models and Provenance Data. In: Gervasi O., Murgante B., Misra S., Rocha A. M. A. C., Garau C. (eds) Computational Science and Its Applications — ICCSA 2022 Workshops. ICCSA 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol. 13380. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10542-5_42 (дата обращения: 14.06.2026).

References

1. Perdaeva A. (2025) Anthropogenic impact on biodiversity, Vestnik Nauki, No. 5 (86). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/antropogennoe-vozdeystvie-na-bioraznoobrazie (Accessed: 15.08.2026).
2. Keck F., Peller T., Alther R., Barouillet C., Blackman R., Capo E., Chonova T., Couton M., Fehlinger L., Kirschner D., Knüsel M., Muneret L., Oester R., Tapolczai K., Zhang H., Altermatt F. (2025) The global human impact on biodiversity. Nature; Vol. 641 (8062), pp. 395–400. DOI: 10.1038/s41586-025-08752-2 (Accessed: 14.07.2026).
3. Glazkova I. N., Ivanova A. A., Klyueva A. A., Pyanova O. S. (2024) Analysis of the impact of greenhouse gases on the environment: domestic and foreign experience. Vestnik Akademii Znanij, No. 4 (63). Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vozdeystviya-parnikovyh-gazov-na-okruzhayuschuyu-sredu-otechestvennyy-i-zarubezhnyy-opyt (Accessed: 10.08.2026).
4. Sand M., Ocko I. B., Sun T., Skeie R. B., Hauglustaine D. A., Warwick N. J., Stevenson D. S., Paulot F., Myhre G., Archibald A. T. et al. (2026) Climate impacts of hydrogen emissions. Nat. Rev. Earth Environ., Vol. 7, pp. 359–373. DOI: 10.1038/s43017-026-00792-0 (Accessed: 14.06.2026).
5. Reji L., Bertagni M. B., Paulot F. et al. (2026) Global implications of a low soil moisture threshold for microbial hydrogen uptake. Nat. Commun., Vol. 17, p. 515. DOI: 10.1038/s41467-025-67208-3 (Accessed: 14.06.2026).
6. Main Directorate of Special Programs of the President of the Russian Federation. Order No. 101 of 14 April 2025 on the approval of the Internal Regulations of the Main Directorate of Special Programs of the President of the Russian Federation: [registered with the Ministry of Justice of Russia on 26 May 2025]. Moscow. Available at: https://docs. cntd. ru/document/891841020? marker (Accessed: 14.06.2026).
7. Environmental Portal of Saint Petersburg. Committee for Nature Management, Environmental Protection and Environmental Safety. Official website. Available at: https://comitet. ecopass. adc. spb. ru/map (Accessed: 14.06.2026).
8. Register of State Information Systems. Official website. Available at: https://reestr-gis. gov. spb. ru/gis/222794/basic_info_main (Accessed: 14.06.2026).
9. Yakovleva E. Yu., Baraboshkina A. V., Parusimova A. A. (2026) Implementation of the global climate agenda at the level of Russian regions: climate profile of the regions and concern about climate risks. Gosudarstvennoe Upravlenie. Elektronnyj Vestnik, No. 116. Available at: https://cyberleninka. ru/article/n/realizatsiya-globalnoy-klimaticheskoy-povestki-na-urovne-regionov-rossii-klimaticheskiy-profil-regionov-i-obespokoennost (Accessed: 14.06.2026).
10. Sviyazov E. M., Vetrov A. L. (2021) Numerical modeling of heavy summer precipitation under various variants of the regular grid step. Geograficheskij Vestnik, No. 4 (59). Available at: https://cyberleninka. ru/article/n/chislennoe-modelirovanie-silnyh-letnih-osadkov-pri-razlichnyh-variantah-shaga-regulyarnoysetki (Accessed: 14.03.2026).
11. Sáez-Sandino T., Maestre F. T., Berdugo M. et al. (2024) Increasing numbers of global change stressors reduce soil carbon worldwide. Nat. Clim. Chang., Vol. 14, pp. 740–745. DOI: 10.1038/s41558-024-02019-w (Accessed: 14.03.2026).
12. Tufek A., Aktas M. S. (2022). A Systematic Literature Review on Numerical Weather Prediction Models and Provenance Data. In: Gervasi O., Murgante B., Misra S., Rocha A. M. A. C., Garau C. (eds) Computational Science and Its Applications — ICCSA 2022 Workshops. ICCSA 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol. 13380. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-031-10542-5_42 (Accessed: 14.06.2026).

Информация об авторах

Антонов Иван Владимирович, *кандидат технических наук, доцент кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна; 198095, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д. 4; SPIN-код: 5432–3424, Author ID (РИНЦ): 652506, ORCID: 0000-0002-6737-5945; e-mail: signalsb@yandex.ru.*

Образцова Арина Алексеевна, *студентка, Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна»; 198095, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д. 4; ORCID 0009-0008-5413-4027; e-mail: arinaobraztsova@yandex.ru.*

Information about the authors

Antonov Ivan Vladimirovich, *PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Environmental Protection and Rational Use of Natural Resources, Higher School of Technology and Energy, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design; 4 Ivan Chernykh Str., Saint Petersburg, 198095, Russia; SPIN-code: 5432–3424, Author ID (RSCI): 652506, ORCID: 0000-0002-6737-5945; e-mail: signalsb@yandex.ru.*

Obraztsova Arina Alekseevna, *student, Higher School of Technology and Energy, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design; 4 Ivan Chernykh Str., Saint Petersburg, 198095, Russia; ORCID: 0009-0008-5413-4027; e-mail: arinaobraztsova@yandex.ru.*