

Геoinформатика. 2022. № 1. С. 6–16.

Geoinformatika. 2022;(1):6–16.

Геoinформационные системы

Научная статья

УДК 504.064.2.001.18

<https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-1-6-16>

Прототип геoinформационной системы для решения задач управления отходами и вторичными ресурсами на примере арктической зоны России

© 2022 г. — В.А. Марьев^{1, а)}, Е.Н. Черемисина^{2, 3, б)}, А.В. Любимова^{2, 3, в)}, Е.Ф. Шамаева^{3, д)}, М.Г. Суханов^{2, 3, е)}, Е.А. Горюнова^{3, ф)}

¹Публично-правовая компания «Российский экологический оператор» (ППК «РЭО»), Москва, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт, Москва, Россия

³Институт системного анализа и управления ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна», г. Дубна, Московская область, Россия

^{а)}v.maryev@reo.ru, ^{б)}e.cheremisina@geosys.ru, ^{в)}a.lyubimova@geosys.ru, ^{д)}bb@uni-dubna.ru, ^{е)}m.sukhanov@geosys.ru,

^{ф)}kata1392@uni-dubna.ru

Аннотация: В статье рассматриваются результаты научного проекта по разработке новых методико-технологических подходов к созданию геoinформационных моделей для целей управления отходами и вторичными ресурсами. Раскрывается актуальность и новизна работы, формулируются цели и задачи геoinформационной системы, интегрирующей комплекс пространственной информации об объектах отрасли и ключевых аспектах ее развития. Приводится описание прототипа системы, реализованного на примере пилотной территории — Арктической зоны РФ.

Ключевые слова: *геoinформационные системы, вторичные ресурсы, отходы производства и потребления, региональное развитие, экономика замкнутого цикла*

Для цитирования: Марьев В.А., Черемисина Е.Н., Любимова А.В., Шамаева Е.Ф., Суханов М.Г., Горюнова Е.А. Прототип геoinформационной системы для решения задач управления отходами и вторичными ресурсами на примере арктической зоны России // *Геoinформатика*. — 2022. — № 1. — С. 6–16. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-1-6-16>.

Geoinformation systems

Original article

Prototype of a geoinformation system for solving tasks of waste and secondary resources management on the example of the Arctic zone of Russia

© 2022 — V.A. Maryev^{1, а)}, E.N. Cheremisina^{2, 3, б)}, A.V. Lyubimova^{2, 3, в)}, E.F. Shamaeva^{3, д)}, M.G. Sukhanov^{2, 3, е)}, E.A. Goryunova^{3, ф)}

¹Public Law Company “Russian Environmental Operator” (PPK “REO”), Moscow, Russia

²All-Russian Research Geological Oil Institute, Moscow, Russia

³Institute of System Analysis and Management, State University “Dubna”, Dubna, Russia

^{а)}v.maryev@reo.ru, ^{б)}e.cheremisina@geosys.ru, ^{в)}a.lyubimova@geosys.ru, ^{д)}bb@uni-dubna.ru, ^{е)}m.sukhanov@geosys.ru,

^{ф)}kata1392@uni-dubna.ru

Abstract: The article discusses the results of a scientific project developing new methodological and technological approaches to the creation of geoinformation models for the purposes of waste and secondary resource management. The urgency and originality of the work are revealed, the goals and objectives of a geoinformation system, integrating a set of spatial information on the objects of the industry and on the key aspects of its development, are formulated. A description of the prototype of such system, implemented on the example of a pilot territory — the Arctic zone of the Russian Federation, — is given.

Key words: *geoinformation systems, secondary resources, production and consumption waste, regional development, circular economy*

For citation: Maryev V.A., Cheremisina E.N., Lyubimova A.V., Shamaeva E.F., Sukhanov M.G., Goryunova E.A. Prototype of a geoinformation system for solving tasks of waste and secondary resources management on the example of the Arctic Zone of Russia. *Geoinformatika*. 2022;(1):6–16. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-1-6-16>. In Russ.

Введение

Одним из обязательных условий эффективной цифровой трансформации любого аспекта управленческой деятельности является развитие комплексных, научно-обоснованных моделей, обеспечивающих методическую и технологическую основу комплексного использования существующих информационных ресурсов. В особенности, это важно для стратегически значимой сегодня отрасли сбора, обработки и утилизации отходов, вторичных ресурсов и вторичного сырья, функционирующей на стыке нескольких производственных направлений: жилищно-коммунальное хозяйство, промышленное производство, топливно-энергетический комплекс, дорожное строительство, транспорт и пр.

Сегодня в сфере управления отходами и вторичными ресурсами функционируют крупные информационные ресурсы, с успехом выполняющие учетные и аналитические задачи в отдельных прикладных направлениях. Однако, этого недостаточно для комплексного информационно-аналитического сопровождения принятия управленческих решений, учитывающих все составляющие регионального развития территорий с учетом их пространственной и отраслевой инфраструктуры. Для создания единой информационно-технологической платформы функционирования системы комплексного управления отходами и вторичными ресурсами необходима реализация научно-обоснованных геоинформационных моделей, которые обеспечат оперативный мониторинг и оценку эффективности функционирования системы обращения с отходами, контроль за мероприятиями по комплексному развитию промышленности по их сбору, обработке, утилизации и обезвреживанию, поддержку принятия обоснованных управленческих решений по планированию отраслевой инфраструктуры, оптимизации схемы движения отходов и вторичных ресурсов и размещения производственно-технологических комплексов по их переработке. Наилучшей технологией для разработки и применения подобных моделей являются геоинформационные системы, предоставляющие все необходимые возможности для наглядного представления и интегрированного анализа пространственных данных.

Постановка задачи разработки геоинформационной системы для управления отходами и вторичными ресурсами

Целевое назначение геоинформационной системы в задачах управления отходами и вторичными ресурсами состоит в информационно-аналитической поддержке принятия обоснованных решений на основе наглядной визуализации всего комплекса пространственной информации о местах накопления и образования отходов, об объектах, вовлеченных в инфраструктуру отрасли, и оперативного анализа имеющихся факторов, определяющих

ключевые для ее развития природные, экологические и транспортные особенности территории.

Для выполнения поставленной цели геоинформационная система должна обеспечить решение следующих задач:

1. Накопление и систематизированное хранение данных об объектах, связанных с образованием, обработкой и утилизацией отходов, а также с использованием полученных вторичных ресурсов (источники и объемы образования и утилизации отходов, предприятия по утилизации и объемы производства вторичных ресурсов, предприятия, использующие вторичные ресурсы, и объемы их использования).

2. Формирование и ведение картографической информационной базы, характеризующей природные, инфраструктурные, социально-экономические и иные факторы, определяющие условия природопользования и развития отраслевой инфраструктуры.

3. Оперативное представление информации об объектах отраслевой инфраструктуры и комплекса факторов, определяющих условия природопользования, на топографической основе в виде интерактивной веб-карты с возможностью выполнения пространственных и атрибутивных запросов.

4. Аналитическое сопровождение следующих направлений исследований:

- поиск оптимального положения новых объектов на основе комплексного анализа факторов, определяющих условия природопользования;
- поиск оптимального маршрута при транспортировке отходов к месту их обработки и утилизации, при транспортировке вторичных ресурсов к местам их использования;
- расчет показателей, характеризующих состояние жизни населения в регионе, в том числе учет объектов образовавшихся и утилизированных отходов, и анализ изменения ситуации в течение выбранного временного периода.

Обеспечить реализацию перечисленных задач позволят следующие функции системы:

- предоставление полной, актуальной и верифицированной информации по местоположению и основным характеристикам объектов, связанных с образованием, обработкой и утилизацией отходов, а также объектов, являющихся потребителями вторичного сырья;
- предоставление актуальных картографических данных по природным условиям, экологическим ограничениям и иным аспектам развития территории;
- интегрированный поиск и наглядное картографическое представление информации по всему комплексу объектов, включенных в сферу обращения с отходами, в том числе, с подключением к ин-

формационным ресурсам государственных учетных систем;

- расчет и визуализация комплекса балансовых показателей, отражающих соотношение образовавшихся, переработанных и утилизированных отходов по административным или иным хозяйственным единицам;

- формирование аналитической отчетности и картографических материалов по состоянию и размещению объектов отраслевой инфраструктуры (существующей и планируемой);

- формирование и анализ экспертных моделей, отражающих различные варианты (стратегии) развития инфраструктуры отрасли и размещения ее объектов, для выбора наилучшей стратегии ее оптимизации и развития.

Основными категориями пользователей геоинформационной системы являются:

1. Сотрудники сферы управления и контролирующих органов, отвечающие за движение отходов в рамках отраслевой инфраструктуры.

2. Аналитики, проводящие исследования на основе данных мониторинга для планирования стратегии развития системы управления обращением с отходами и вторичными ресурсами.

3. Специалисты управляющих компаний и производств, являющихся участниками системы обращения с отходами.

4. Частные лица, которым требуется открытая публичная информация по вопросам обработки и утилизации отходов и вторичных ресурсов.

С учетом перечисленных выше задач и функций системы может быть предложена следующая функциональная структура типовой геоинформационной системы управления отходами и вторичными ресурсами:

- 1 блок — настольное ГИС-приложение, обеспечивающее формирование информационной базы системы, настройку средств картографической визуализации, аналитическое сопровождение в части интегрированного анализа пространственных данных, подготовку к печати картографической продукции.

- 2 блок — интернет-ГИС-приложение, обеспечивающее наглядную визуализацию информации на интерактивной карте, ее оперативный анализ и подготовку аналитической отчетности с возможностью регламентированного распределенного доступа.

Основными критериями выбора программно-технологического обеспечения для реализации системы являются:

- наличие готового инструментария для формирования и ведения базы данных, настройки оформления картографических слоев, а также решения аналитических задач;

- наличие функционала пространственного анализа данных, включая средства комплексирования разнородных данных, поиска кратчайшего пути и расчета агрегированных показателей;

- наличие удобных средств настройки интерактивной веб-карты на основе слоев, оформленных в составе настольного, ГИС-приложения, и внешних информационных ресурсов на основе стандартных веб-протоколов;

- соответствие современным требованиям по импортозамещению и отраслевым стандартам, простота установки программного обеспечения и стоимость программного продукта.

Анализ возможностей современных российских геоинформационных систем и пакетов с открытым кодом [2, 3] позволяет говорить о том, что в настоящее время на рынке программного обеспечения существуют удачные проекты, позволяющие реализовать сложные геоинформационно-аналитические системы. Таким образом, разработка ГИС по управлению отходами и вторичными ресурсами может быть осуществлена без использования дорогих зарубежных коммерческих пакетов.

Реализация прототипа геоинформационной системы управления отходами на примере Арктической зоны Российской Федерации

Обоснование выбора тестового региона

В качестве пилотного региона для реализации проекта выбрана территория Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). Территория континентальной суши АЗРФ составляет 4,9 млн км². Острова занимают площадь 0,2 млн км². Шельфовые и внутренние моря АЗРФ достигают площади 4 млн км².

Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) значительно отличается от других регионов Российской Федерации природно-экономическими, демографическими и иными условиями [1, 5, 8]. В качестве ключевых особенностей могут быть выделены:

1. Экстремальные природно-климатические условия, включая постоянный ледовый покров или дрейфующие льды в арктических морях. Присутствует низкий радиационный баланс, близкие к 0°C средние температуры воздуха летних месяцев при отрицательной среднегодовой температуре, существование ледников и многолетнемерзлых пород, преобладание тундровой растительности и арктических пустынь. Ледовитость морских акваторий составляет около 11 млн км² зимой и около 8 млн км² летом.

2. Очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения территорий и низкая плотность населения (1–2 чел. на 10 км²). Большинство населенных пунктов в АЗРФ расположено на побережье арктических морей или в непосредственной близости от него, а также в низовьях рек, впадающих

в Северный Ледовитый океан. Однако необходимо отметить, что три крупнейших города мира, расположенных за Северным полярным кругом, находятся в АЗРФ: Мурманск (325 000 жителей), Норильск (205 000 жителей) и Воркута (85 000 жителей). Четвёртым по количеству жителей является норвежский город Тромсё (62 000 жителей).

3. Удаленность от основных промышленных центров, высокая ресурсоемкость и зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от поставок топлива, продовольствия и товаров первой необходимости из других регионов России делает данный регион одним из наиболее дорогих с точки зрения его экономического освоения. Однако необходимо отметить стратегическую важность его развития как зоны транспортно-экономического влияния Северного морского пути (СМП), а также высокие экономические и политические перспективы геологического освоения континентального арктического шельфа Российской Федерации. Все это является серьезными предпосылками к ускорению промышленного развития данного региона и, как следствие, к увеличению плотности населения и расширению урбанизированных территорий.

Выбор данной территории в качестве пилотного региона для реализации прототипа системы обусловлено следующими предпосылками:

- активное развитие данной территории за последние годы провоцирует неизбежный рост объемов промышленных и коммунальных отходов;
- сложный комплекс природных условий, характеризующийся высоким уровнем чувствительности экосистем к любому техногенному воздействию;
- повышенное внимание к региону в связи с тем, что с 2021 года Российская Федерация на два ближайших года является страной-председателем Арктического совета, что накладывает на страну высокую ответственность, особенно в связи с реализацией в АЗРФ крупных инфраструктурных проектов;
- стратегическое положение Арктики в сфере военно-промышленного комплекса, нефтегазодобычи и транспортировки продуктов переработки углеводородного сырья;
- изменения климата, которые вызывают процессы растепления вечной мерзлоты, что требует особого подхода как к процессам рекультивации территорий, занятых многочисленными свалками коммунальных и промышленных отходов, так и созданию условий для вовлечения накопленных промышленных отходов в экономический оборот в виде вторичных ресурсов в экономически оправданной логистической плотности.

Программное обеспечение для реализации прототипа геоинформационной системы

Основанием для выбора программно-технологических средств для реализации прототипа системы послужили вышеперечисленные критерии и результаты обзора функциональности существующего программного обеспечения (СУБД, ГИС-пакетов и платформ для создания веб-ГИС-приложений), проведенного на первом этапе работ. По итогам анализа в качестве программно-технологических средств для реализации макета геоинформационной системы управления отходами и вторичными ресурсами выбраны:

- ГИС INTEGRO×64 для реализации настольного приложения, разработки комплексных пространственных моделей и веб-публикации подготовленных картографических данных;
- многофункциональный геоинформационный сервер MSG-framework для реализации интернет-ГИС-приложения;
- СУБД PostgreSQL для организации базы данных геоинформационной системы.

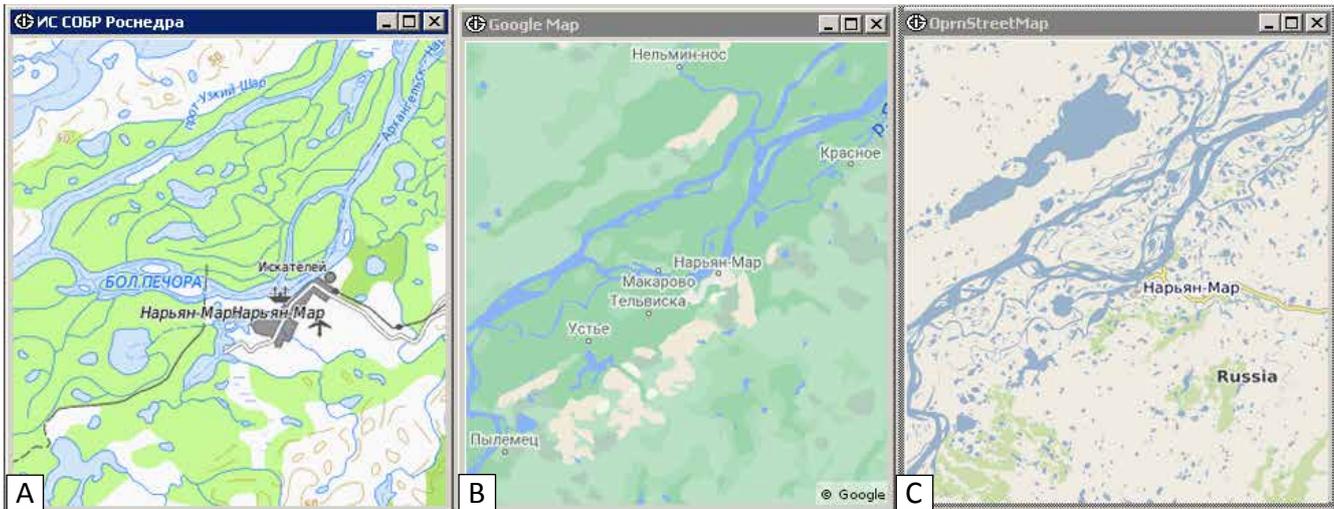
Информационная база прототипа системы

Информационная база прототипа геоинформационной системы формировалась на основе целевого назначения, задач и функций системы, определенных на этапе постановки задачи исследований. Для обеспечения полной и актуальной информации о текущем состоянии инфраструктуры отрасли и существующих особенности исследуемой территории в состав информационной базы включены следующие разделы:

1. Картографическая основа проекта. В качестве картографической основы для реализации прототипа системы использована полимасштабная картографическая основа, предоставляемая веб-сервисом информационной системы СОБР Роснедра (рис. 1). Данный информационный ресурс включает три масштабных уровня: 1:2 500 000, 1:1 000 000 и 1:200 000, реализованные на основе сертифицированных источников картографической информации (ФГБУ ВСЕГЕИ, ФГБУ Росгеолфонд). Важным преимуществом этого сервиса по сравнению с картографическими основами, предоставляемыми другими веб-сервисами (Яндекс-Карты, GoogleMap, OpenStreetMap), является более подробная проработка картографического изображения для малонаселенных территорий, к которым относится пилотный регион (рис. 1).

2. Макет базы данных, включающий сведения об основных объектах отраслевой инфраструктуры: производственных предприятиях, которые являются источниками промышленных отходов на исследуемой территории, а также существующих объектах размещения отходов. В настоящий момент в базе данных представлена информация о 150 предприятиях и 355 объектах размещения отходов, рас-

Рис. 1. Сравнение детальности картографического изображения в системах СОБР Роснедра (А), GoogleMap (В), OpenStreetMap (С)
 Fig. 1. Comparison of the detail of the cartographic image in the systems SOBR Rosnedra (A), GoogleMap (B), OpenStreetMap (C)



положенных в регионах, территория которых попадает в Арктическую зону Российской Федерации. Для формирования базы данных использованы открытые интернет-ресурсы: публичные и отраслевые информационные порталы, сайты производственных компаний и реестры предприятий, сведения, публикуемые на официальных сайтах профильных ФОИВов и пр.

В состав базы данных входит следующая информация: географическое положение объекта (координаты широты/долготы), базовые сведения о предприятии (адресные данные, реквизиты, предполагаемые сведения об объемах производства), сведения об образуемых отходах (вид, класс, агрегатное состояние). Особое внимание при подготовке информации уделено поиску пространственной привязки объектов. Данная проблема обусловлена отсутствием точной информации о местоположении объектов в имеющихся источниках информации. Для подготовки пространственной базы данных разработана технология, включающая применение операций пакетного геокодирования на основе адресной информации о местоположении объектов с последующей корректировкой координат на основе анализа космических изображений высокого разрешения, предоставляемых веб-сервисами открытых поисковых систем (Google, Яндекс и др.). Подробное описание разработанной технологии и результатов ее апробации приводится в работе [4].

3. Картографические данные по комплексу природных условий, отражающие уровень сложности ситуации для производственного освоения исследуемой территории. С учетом особенностей выбранного региона в состав данного раздела включены следующие материалы: сведения об опасных геологических процессах, характеристики ландшафтов,

сведения о устойчивости и промерзании грунтов, геоморфологические характеристики территории. Для учета экологических условий в массив пространственных данных включены сведения о территориях, находящихся в статусе особого режима природопользования.

Источниками для формирования цифрового массива исходных данных по комплексу природных и экологических условий служили картографические материалы, представленные в электронном атласе геоэкологических условий освоения минерально-сырьевой базы Российской Федерации, а также актуальные базы данных, функционирующие в составе информационной системы СОБР Роснедра.

В рамках апробации методических подходов к решению задачи обоснованного проектирования объектов отраслевой инфраструктуры на основе комплексного анализа факторов, определяющих условия природопользования, при реализации прототипа разработана пространственная модель для районирования территории по степени благоприятности комплекса природных и экологических условий для производственного освоения территории.

Для подготовки и оформления массива исходных картографических данных и разработки пространственной модели использован программно-технологический комплекс ГИС INTEGRO×64. Это обусловлено наличием в нем развитого инструментария для решения прогнозно-диагностических задач и удобных средств подготовки веб-сервисов для последующей публикации исходных и результирующих данных в веб-ГИС-приложении.

Исходными данными для создания модели служили цифровые векторные карты, подготовленные на этапе сбора информации и отражающие ключевые

чевые природные и экологические условия на исследуемой территории: сейсмоактивность, селе- и лавиноопасность, проявленность опасных экзогенных процессов, распространение многолетнемерзлых пород, потенциал самоочищения ландшафтов, границы особо охраняемых природных территорий и уникальных озерных систем, приоритеты по природопользованию и основные типы использования земель.

Целевая функция разработанной модели — интегральный показатель сложности имеющегося комплекса условий для производственного освоения исследуемой территории — оценивалась на основе комплексирования двух групп факторов:

- группа 1 — сложность природных условий, которая определяется наличием и степенью проявления опасных природных процессов;
- группа 2 — сложность экологических условий, определяющаяся существующими ограничениями по производственному освоению территорий.

В качестве метода оценки вклада каждого фактора в общий уровень сложности ситуации по выбранным направлениям использована критериальная шкала, возрастание значений в которой соответствует усилению сложности и ухудшению обстановки с точки зрения искомой оценки. Выбор критериальной шкалы обусловлен разноразмерностью исходных факторов: они представлены в количественной шкале (удаленность), в ранговой шкале (например, селеопасность и лавиноопасность) и номинальной шкале (типы ландшафтов).

Формализация модели включала расчет пространственных характеристик выбранных факторов

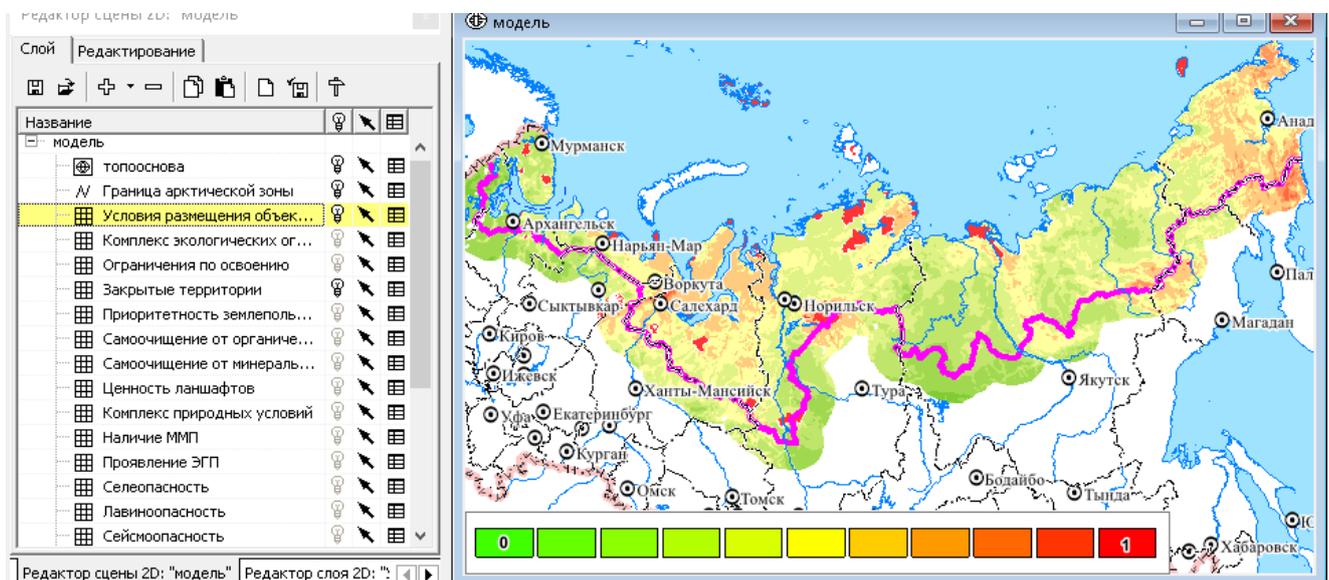
на территории округа в критериальной шкале. Для расчета использована прямоугольная регулярная сеть с размером ячейки 5000×5000 м. Размер сети обусловлен значительным пространственным охватом исследуемой территории и является достаточным для моделирования в масштабе 1:5000000. Расчет модели производился с помощью алгоритма «Таксономия по критериям». Полученные по итогам моделирования аналитические карты позволили ранжировать исследуемую территории по степени сложности факторов каждой группы, а также по итоговому интегральному показателю (рис. 2), определяющему степень благоприятности условий для производственного освоения исследуемой территории.

4. База данных по основным показателям, определяющим качество жизни в субъектах РФ в границах исследуемого региона. Источниками формирования базы данных являлись электронные доклады о состоянии окружающей среды в РФ Министерства природы России, материалы Федеральной службы государственной статистики и иные открытые информационные ресурсы. В настоящий момент база данных включает данных по перечисленным выше экологическим индикаторам на период с 2010 по 2019 г. Собранный массив информации включает пять крупных групп индикаторов:

- *Состояние отрасли обращения с отходами производства и потребления:* объемы образования, утилизации и обезвреживания, хранения и захоронения отходов.
- *Состояние водного бассейна:* объемы оборотного и повторно-последовательного водоснабже-

Рис. 2. Интегральный показатель сложности комплекса условий освоения территории

Fig. 2. Integral indicator of the complexity of the complex of conditions for the development of the territory



ния, водоотведения, сбросов загрязнённых сточных вод с разной степенью очистки.

- *Состояние воздушного бассейна:* объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников.
- *Состояние природных экосистем:* число исчезнувших видов, видов, находящихся под угрозой исчезновения и сокращающихся по численности.
- *Состояние земельного фонда:* площади лесного и водного фонда.

Для обеспечения сопоставления и нормирования показателей в массив информации должны быть включены данные по численности населения, площади территорий и расходам на окружающую среду.

Собранный массив информации позволил сформировать модель комплексной оценки экологических показателей качества жизни для регионов пилотной территории на основе расчета системы интегральных нормированных показателей для групп индикаторов по каждому региону и построения итогового рейтинга регионов на базе оценки обобщенного интегрального показателя для каждого из них. Подробная информация о методике расчета модели приводится в публикациях [6, 7].

Таким образом, данный информационный раздел позволяет провести формализованный анализ тенденций, наблюдаемых в последние годы в сфере обращения с отходами в рамках исследуемых регио-

нов, в сопоставлении с изменениями экологической обстановки, и может выступать аналитическим инструментом поддержки принятия обоснованных управленческих решений по дальнейшему производственному развитию территории, в том числе, в части расширения и оптимизации инфраструктуры обращения с отходами и вторичными ресурсами.

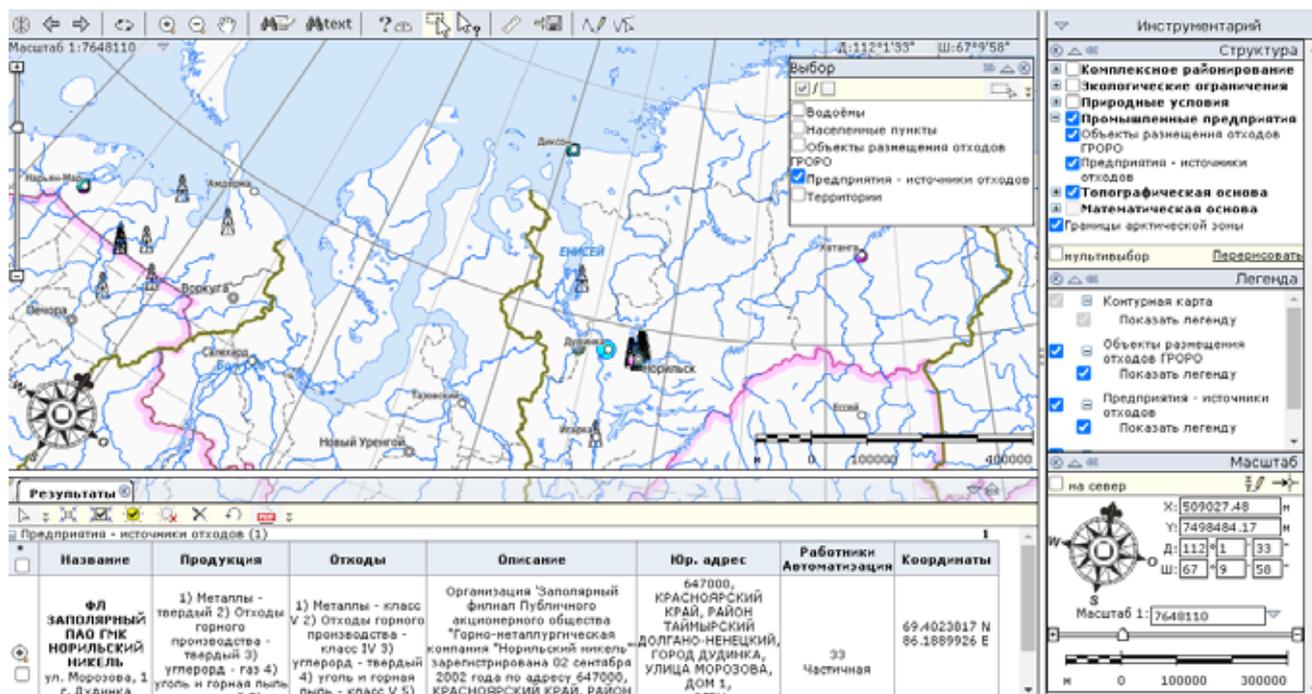
Интерактивная Интернет-карта прототипа геоинформационной системы

Интерактивная Интернет-карта (веб-ГИС) обеспечивает наглядное представление всех подготовленных исходных данных и результатов информационно-аналитических запросов для целей анализа ситуации и поддержки принятия управленческих решений (рис. 3).

В зависимости от своего характера и особенностей визуализации, источниками картографических данных в проекте могут являться:

- локальные файлы пространственных данных в векторном формате ESRI Shapefile;
- пространственные данные, размещённые в СУБД PostgreSQL/PostGIS;
- картографические изображения, генерируемые средствами ГИС INTEGRО и предоставляемые по протоколу веб-службы WMS;
- результаты пространственного моделирования в виде растровых матриц;

Рис. 3. Общий интерфейс веб-ГИС: просмотр информации по выбранному предприятию в пределах исследуемого региона
 Fig. 3. General web-GIS interface: viewing information on the selected enterprise within the study region



- результаты информационных запросов атрибутивных свойств пространственных объектов по протоколу веб-службы WFS.

В реализованном веб-ГИС-проекте использовался принцип разделения визуального представления и запросной функциональности слоёв пространственных данных. Каждый предметный слой данных, с помощью встроенных внутренних механизмов MGS-Framework состоит из двух технологических слоёв, один из которых отвечает за визуализацию, а второй, скрытый — за корректное выполнение пространственных и атрибутивных запросов.

Первый технологический слой реализован на основе получения картографического изображения, генерируемого средствами ГИС INTEGRO и предоставляемого по протоколу веб-службы WMS. Это позволяет качественно и быстро оформлять символическое представление пространственных данных развитыми средствами ГИС INTEGRO, сохраняя единое визуальное представление в локальных ГИС-проектах и в среде Интернет-ГИС. Дополнительным преимуществом использования картографической веб-службы WMS является возможность использования пространственных данных данного проекта в других приложениях, также имеющих возможность работать по стандартизированным веб-протоколам, что может позволить в дальнейшем расширить

функциональность по обработке и анализу данных различными предоставляемыми способами.

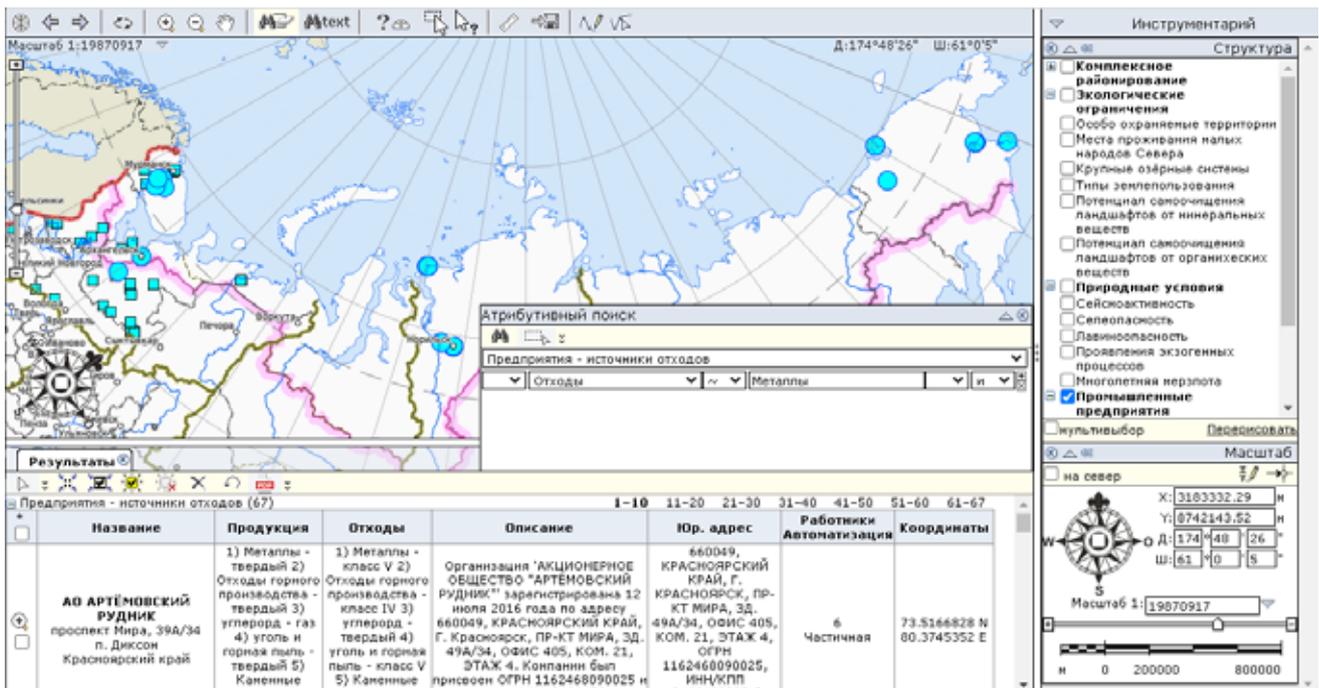
Второй технологический слой реализован на основе прямых запросов к пространственным данным, минуя механизмы удалённого взаимодействия с использованием стандартных возможностей веб-службы WFS. Проблема состоит в том, что при всей своей универсальности, веб-служба запросов WFS достаточно медленна и ресурсоёмка при работе в большом количестве обрабатываемых объектов или большим количеством атрибутивной информации о каждом объекте. Преимущества веб-службы WFS в полной мере проявляются при обмене пространственной информацией между серверными приложениями, но не в случае построения интерактивного интерфейса пользователя Интернет-ГИС.

Пространственные данные, к которым осуществляются прямые запросы, в рамках данного проекта могут быть представлены как в виде локальных файлов в векторном формате ESRI Shapefile, так и быть размещены в СУБД PostgreSQL/PostGIS. В обоих случаях полная синхронизация визуального представления и результатов запросов поддерживается организацией единого доступа ко всем данным по локальной вычислительной сети, в которой работают все серверные приложения.

Возможности интерфейса веб-ГИС обеспечивают следующие возможности для пользователя геоинформационной системы:

Рис. 4. Поиск предприятий по виду отхода с помощью атрибутивного запроса

Fig. 4. Search for businesses by type of waste using an attribute query



- просмотр структуры тематических слоев с возможностью управления их визуализаций;
- просмотр условных обозначений (легенды) каждого слоя в отдельном всплывающем окне браузера;
- полнофункциональную навигацию по карте, включая возможности точного задания масштаба изображения и позиционирования на точке с указанными пользователем координатами;
- получение полного списка атрибутов объектов в точке, указанной пользователем на карте;
- формирование атрибутивного запроса по выбранным тематическим слоям, включая составной запрос по нескольким атрибутам (рис. 4);
- выполнение пространственного запроса к карте с помощью выбора интересующей области курсором мыши (внутри прямоугольного контура, внутри произвольного контура, вдоль линии, в точке), анализ полученных результатов, включая измерения расстояний и площадей по карте (рис. 5);
- контекстный поиск объектов по произвольно заданному слову или словосочетанию;
- просмотр результатов выполнения поискового запроса на карте и в табличной форме, с воз-

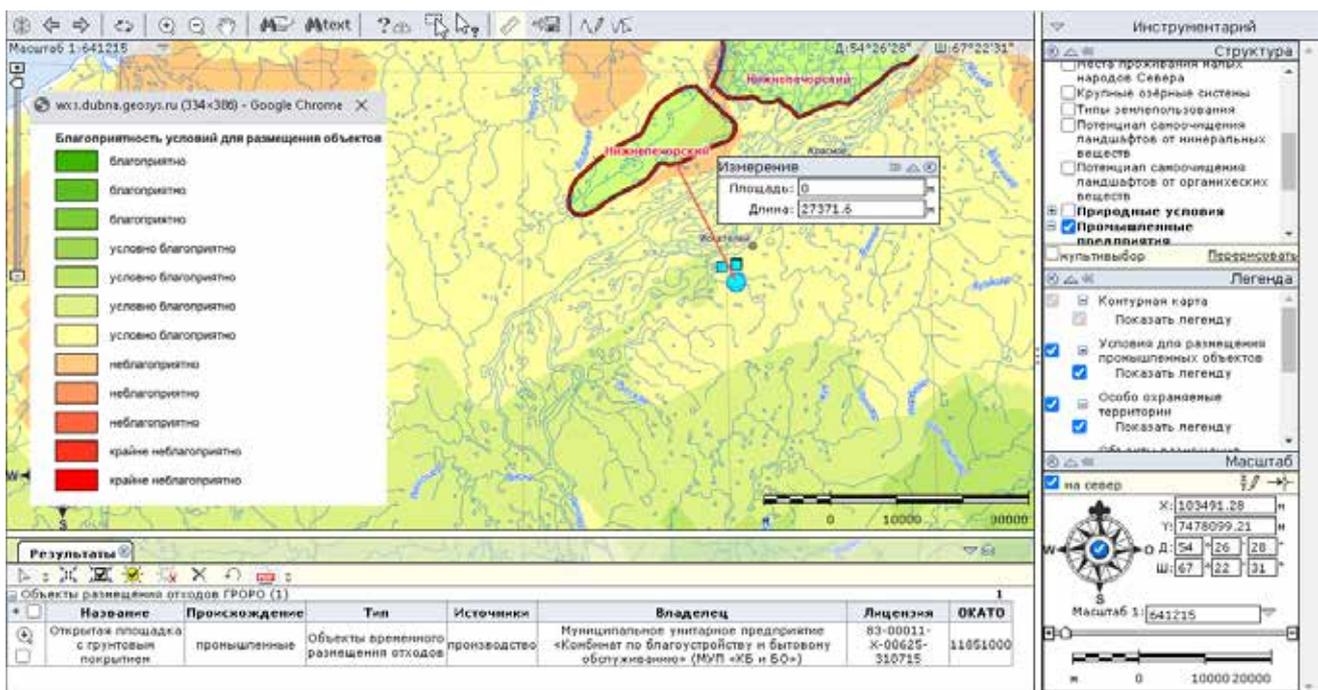
можностью позиционирования изображения карты на выбранном в списке объекте;

- редактирование местоположения и атрибутов объектов обращения с отходами непосредственно из интерфейса веб-ГИС приложения.

Заключение

Представленный методико-технологический подход к разработке геоинформационного обеспечения в сфере управления обращением с отходами и вторичными ресурсами, ориентирован на потребности отрасли. Он открывает новые возможности для создания единой интегрированной информационно-аналитической системы, обеспечивающей все необходимые информационные ресурсы и банк аналитических моделей для решения конкретных управленческих задач в рамках реализации Стратегии развития промышленности по переработке отходов производства и потребления. Дальнейшей перспективой развития данного направления является создание на его основе ситуационных центров комплексного управления отходами и вторичными ресурсами в рамках регионального и отраслевого развития, что соответствует целям и задачам Федерального проекта «Экономика замкнутого цикла», к реализации которого Правительство РФ приступило с 01 января 2022 года.

Рис. 5. Анализ расстояния от места размещения отходов до ближайшего природного заказника
 Fig. 5. Analysis of the distance from the waste disposal site to the nearest nature reserve



Список источников

1. Арктика без опасности [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. – Режим доступа: <https://arctica.igps.ru/> (Дата обращения: 04.03.2022 г.).
2. Любимова А.В., Финкельштейн М.Я. Анализ импортозамещающих геоинформационных решений для геологической отрасли [Электронный ресурс] // Презентационные материалы Всероссийского совещания «Развитие геоинформационного обеспечения для решения задач геологического изучения и использования недр, формирования и ведения Единого фонда геологической информации» (Москва, 26-27 февраля 2019 г.). – 27 с. – Режим доступа: https://rosgeofond.ru/storage/news/Совещание_26-27_февраля_2019.7z (дата обращения: 04.03.2022 г.).
3. Любимова А.В., Хромова Н.Ю. Комплексный анализ возможностей ГИС-пакетов для решения картографических задач в сфере природопользования // Геоинформатика. – 2020. – № 2. – С. 11–19.
4. Любимова А.В., Шамаева Е.Ф., Быков М.А., Соколов А.С. Технология формирования картографической базы данных по объектам обращения с отходами и вторичными ресурсами // Геоинформатика. – 2022. – № 1. – С. 47–57.
5. Об арктической зоне РФ [Электронный ресурс] / АО «Корпорация развития Дальнего Востока и Арктики». – Режим доступа: <https://erdc.ru/about-azrf/> (Дата обращения: 04.03.2022 г.).
6. Табаров С.Ф. Информационно-статистический анализ и моделирование экологических параметров на примере субъектов РФ // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление». – 2021. – Т. 17. – № 2 (51). – С. 39–46.
7. Шамаева Е.Ф., Сурскова Е.С., Табаров С.Ф. Разработка комплексной модели для мониторинга и анализа состояния окружающей природной среды на примере субъектов РФ // Глобальные вызовы XXI века и окружающая среда: материалы международной научно-практической конференции (Алматы, 2–3 декабря 2021 г.). – Алматы: Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, 2021.
8. Arctic Russia. Инвестиционный портал Арктической зоны России [Электронный ресурс] / Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики. – Режим доступа: <https://arctic-russia.com/about> (Дата обращения: 04.03.2022).

References:

1. Arktika bez opasnosti [Arctic without danger]. Available at: <https://arctica.igps.ru/> (accessed 04.03.2022).
2. Lyubimova A.V., Finkel'shtein M.Ya. Analiz importozameshchayushchikh geoinformatsionnykh reshenii dlya geologicheskoi otrasli [Analysis of import-substituting geoinformation solutions for the geological industry]. In: Presentation materials of the All-Russian meeting "Development of geoinformation support for solving the problems of geological study and use of subsoil, formation and maintenance of the Unified Fund of Geological Information" (Moscow, 26-27 February 2019). 27 p. Available at: https://rosgeofond.ru/storage/news/Совещание_26-27_февраля_2019.7z (accessed 04.03.2022).
3. Lyubimova A.V., Khromova N.Y. Comprehensive analysis of GIS package features for solving cartographic problems in the field of natural resource management. *Geoinformatika*. 2020;2:11–19.
4. Lyubimova A.V., Shamaeva E.F., Bykov M.A., Sokolov A.S. Technology for the formation of a cartographic database on waste and secondary resources management facilities. *Geoinformatika*. 2022;1:47–57.
5. Ob arkticheskoi zone RF [About the Arctic zone of the Russian Federation]. Available at: <https://erdc.ru/about-azrf/> (accessed 04.03.2022).
6. Tabarov S.F. Information and statistical analysis and modeling of ecological parameters on the example of subjects of the Russian Federation. *Sustainable innovative development: design and management*. 2021;17(2):39–46.
7. Shamaeva E.F., Surskova E.S., Tabarov S.F. Razrabotka kompleksnoj modeli dlja monitoringa i analiza sostojaniya okruzhajushhej prirodnoj sredy na primere sub'ektov RF [Development of an integrated model for environment monitoring and analyzing on the example of the subjects of the Russian Federation]. In: Global'nye vyzovy XXI veka i okruzhajushhaja sreda: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii (Almaty, 2–3 December 2021). Almaty: Al-Farabi Kazakh National University; 2021.
8. Arctic Russia. Investment Portal of the Arctic Zone of the Russian Federation. Available at: <https://arctic-russia.com/en/> (accessed 04.03.2022).

Статья поступила в редакцию 17.01.2022, одобрена после рецензирования 10.02.2022, принята к публикации 02.03.2022.
The article was submitted 17.01.2022; approved after reviewing 10.03.2022; accepted for publication 02.03.2022.

Информация об авторах

Марьев Владимир Александрович

Руководитель проекта публично-правовой компании «Российский экологический оператор» (ППК «РЭО»), член Комитета по природопользованию и экологии ТПП Российской Федерации, эксперт ЮНИДО, эксперт проекта GIZ «Климатически нейтральное обращение с твердыми коммунальными отходами», член секции по обращению с отходами НТС Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор),

123112, Москва, Пресненская наб., д. 12

e-mail: v.maryev@geo.ru

Черемисина Евгения Наумовна

Доктор технических наук, профессор, заведующий отделением Геоинформатики ФГБУ «ВНИГНИ», 117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 8

Научный руководитель института системного анализа и управления Государственного университета «Дубна», 141980, Дубна, Московская обл., ул. Университетская, д. 19

e-mail: e.cheremisina@geosys.ru

ORCID: 0000-0002-6041-8359

Любимова Анна Владимировна

Кандидат технических наук, заведующий отделом ГИС и цифровой картографии отделения Геоинформатики ФГБУ «ВНИГНИ»,

117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 8

Заведующий кафедрой геоинформационных систем и технологий института системного анализа и управления Государственного университета «Дубна»,

141980, Дубна, Московская обл., ул. Университетская, д. 19

e-mail: a.lyubimova@geosys.ru

ORCID: 0000-0002-8075-937X

Шамаева Екатерина Федоровна

Кандидат технических наук, доцент кафедры геоинформационных систем и технологий института системного анализа и управления Государственного университета «Дубна»,

141980, Россия, г. Дубна, Университетская ул., д. 19

e-mail: bb@uni-dubna.ru

ORCID 0000-0002-1070-8550

Суханов Михаил Георгиевич

Кандидат технических наук, заведующий сектором ведения ЕБД ВНИГНИ отделения геоинформатики ФГБУ «ВНИГНИ»,

117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 8

Доцент кафедры геоинформационных систем и технологий института системного анализа и управления Государственного университета «Дубна»,

141980, Россия, г. Дубна, Университетская ул., д. 19

e-mail: m.sukhanov@geosys.ru

Горюнова Екатерина Александровна

Старший преподаватель кафедры геоинформационных систем и технологий института системного анализа и управления Государственного университета «Дубна»,

141980, Россия, г. Дубна, Университетская ул., д. 19

e-mail: kata1392@uni-dubna.ru

Information about authors

Vladimir A. Maryev

Project Manager of the Public Law Company "Russian Environmental Operator", Member of the Committee on Nature Management and Ecology of the CCI of the Russian Federation, UNIDO expert, Expert of the GIZ project "Climate-neutral solid municipal waste management", Member of the Waste Management Section of the NTS of the Federal Service for Supervision of Environmental Management (Rosprirodnadzor),

12, Presnenskaya emb., Moscow, 123112, Russia

e-mail: v.maryev@reo.ru

Eugenia N. Cheremisina

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Geoinformatics Department of FSBI "VNIGNI", 8, Varshavskoe shosse, 117105, Moscow, Russia Academic Supervisor of the Institute of System Analysis and Management GBOU VO MO "Dubna University", 19, Universitetskaya str., Dubna, Moscow region, 41980, Russia

e-mail: e.cheremisina@geosys.ru

ORCID: 0000-0002-6041-8359

Anna V. Lyubimova

Candidate of Technical Sciences Head of GIS and Digital Cartography Division of Geoinformatics Department of FSBI "VNIGNI", 8, Varshavskoe shosse, Moscow, 117105, Russia Head of the Department of Geoinformation Systems and Technologies of the Institute of System Analysis and Management GBOU VO MO "Dubna University",

19, Universitetskaya str., Dubna, Moscow region, 41980, Russia

e-mail: a.lyubimova@geosys.ru

ORCID: 0000-0002-8075-937X

Ekaterina F. Shamaeva

Candidate of Technical Sciences Associate Professor of the Department of Geoinformation Systems and Technologies of the Institute of System Analysis and Management of the State University "Dubna",

19, Universitetskaya str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia

e-mail: bb@uni-dubna.ru

ORCID 0000-0002-1070-8550

Mihail G. Sukhanov

Candidate of Technical Sciences, Head of the Sector of the Unified Database VNIGNI of Geoinformatics Department of FSBI "VNIGNI", 8, Varshavskoye shosse, Moscow, 117105, Russia

Associate Professor of the Department of Geoinformation Systems and Technologies of the Institute of System Analysis and Management of the State University "Dubna",

19, Universitetskaya str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia

e-mail: m.sukhanov@geosys.ru

Ekaterina A. Goryunova

Senior Lecturer of the Department of Geoinformation Systems and Technologies of the Institute of System Analysis and Management, of the State University "Dubna",

19, Universitetskaya str., Dubna, Moscow region, 141980, Russia

e-mail: kata1392@uni-dubna.ru