

Научно-практическая статья/Research article

УДК 528.94:004

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-3-131-142>

**Тематическое пространственное моделирование и визуализация объектов, не имеющих четко определенных границ**

А. С. Флеенко<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Проектно-изыскательский институт электрификации железных дорог и энергетических установок «Трансэлектропроект» – филиал АО «Росжелдорпроект», г. Москва, Российская Федерация

e-mail: [fleenkospb@mail.ru](mailto:fleenkospb@mail.ru)

**Аннотация.** Работа посвящена актуальной проблеме тематического картографирования особого типа объектов – с неявной локализацией. Исследуется процесс пространственного моделирования и визуализации подобных природных и природно-антропогенных объектов, не имеющих четко определенных границ, с помощью выявления и характеристики ключевых свойств подобных объектов – определяющих показателей в геоинформационной системе как единой программной среде обработки, анализа и визуализации данных. Рассмотрено свойство параметрической (сущностной) демаркации для пространственного отграничения моделируемых объектов в окружающей среде, предложена система определяющих показателей и продемонстрирована возможность адаптации существующих тематических классификаций и методологических подходов к работе в геоинформационных системах. Разработанная концепция формирования определяющих показателей апробирована на примере оценки загрязненности почвенного покрова города Кронштадта (Санкт-Петербург). Показано, что предложенный подход позволяет эффективно обрабатывать, анализировать и визуализировать данные с усилением роли пространственной составляющей и трансформацией использования семантической составляющей. В частности, расчетный суммарный показатель загрязнения почв рассматривается в качестве лишнего семантического веса определяющего показателя, процессы предобработки, подготовки интерполяционных поверхностей и картографических моделей которого стандартизированы и выполняются в соответствии с требованиями картографии и геоинформатики. Сделан вывод, что концепция определяющих показателей преобразует семантическую основу картографирования и позволяет унифицировать обработку и визуализацию данных с использованием геоинформационных систем для не имеющих четко определенных в пространстве границ объектов.

**Ключевые слова:** определяющие показатели, геоинформационные системы, тематическое картографирование, визуализация данных, классификация данных, анализ геоданных

**Для цитирования:**

Флеенко А. С. Тематическое пространственное моделирование и визуализация объектов, не имеющих четко определенных границ. *Вестник СГУГиТ*. 2026. Т. 31, № 3. С. 131–142. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-3-131-142>

## Thematic spatial modeling and visualization of objects with fuzzy boundaries

A. S. Flenko<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Designing-And-Survey Institute of Railway Electrification and Power Installations «Transel-ektroproject» – «Roszheldorproject», JSC, Branch, Moscow, Russian Federation

e-mail: fleenkospb@mail.ru

**Abstract.** This study addresses an important problem in thematic mapping of a special class of objects characterized by implicit spatial localization. It investigates the spatial modeling and visualization of natural and natural-anthropogenic objects with fuzzy boundaries by identifying and describing their key properties, referred to as defining indicators, within a geographic information system serving as an integrated environment for data processing, analysis, and visualization. The study considers parametric, or essential, demarcation as a means of spatially delineating the modeled objects in the surrounding environment, proposes a system of defining indicators, and demonstrates that existing thematic classification schemes and methodological approaches can be adapted for use in geographic information systems. The proposed concept was tested through a case study of soil contamination assessment in Kronstadt (Saint Petersburg). The results show that the approach supports efficient data processing, analysis, and visualization by emphasizing the spatial component and reconfiguring the role of semantic information. In particular, the calculated cumulative soil contamination index is treated as a defining indicator without semantic weight, while the procedures for preprocessing, interpolation surface generation, and cartographic model construction are standardized in accordance with cartographic and geoinformatics requirements. The study concludes that the concept of defining indicators reshapes the semantic basis of mapping and enables standardized processing and visualization of data in geographic information systems for objects with poorly defined spatial boundaries.

**Keywords:** defining indicators, geoinformation systems, thematic mapping, data visualization, data classification, spatial data analysis

### For citation:

Flenko A. S. (2026). Thematic spatial modeling and visualization of objects with fuzzy boundaries. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 31, No. 3. pp. 131–142. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-3-131-142>

### Введение

Тематическое картографирование представляет собой стремительно развивающуюся отрасль картографии, основанную на особом подходе к работе с тесно связанными между собой геопространственными и тематическими данными с целью получения предметных знаний о территории исследования и дальнейшего их использования для принятия решений [1].

Разнообразие решаемых задач – от информационного обеспечения городского планирования, землеустройства, логистики и управления ресурсами до мониторинговых работ, медицинских исследований и предотвращения чрезвычайных ситуаций – в совокупности с использованием современных техно-

логий при создании картографических продуктов ставит картографические методы исследования в ряд мощнейших инструментов специалистов в различных сферах деятельности. Тематические карты позволяют структурировать и визуализировать массивы данных, а использование геоинформационных систем (ГИС) расширяет возможности за счет интеграции с автоматизированными системами сбора данных, а также подготовки анимационных и виртуально-реальностных картографических произведений [2], что открывает направления для дальнейшего исследования особенностей и возможностей подходов к тематическому картографированию.

Переход от потребности обеспечения надежности данных к проблеме качества об-

работки и дальнейшего представления результата работы с большими данными тесно связан с формированием и становлением геопространственных знаний в условиях дефицита специалистов и относительно свободного доступа пользователей, не относящихся к указанной сфере деятельности, к географическим и программным продуктам [3, 4]. При этом процесс построения картографических изображений требует знаний, умений и навыков в ключевых аспектах, среди которых семантика, принципы генерализации и применение способов картографического отображения [5]. Растущая доступность геоинформационных инструментов диктует необходимость в упрощении интерфейса и создании специализированных геоинформационных инструментов анализа и обработки тематических данных, а также оценки их искажений [6].

В соответствии с проведенными ранее исследованиями [7] выявлена проблема пространственного моделирования и дальнейшей визуализации результатов объектов природной и природно-антропогенной среды, для которых отсутствует возможность визуальной оценки и сканирования границ. Показано, что от корректности выполнения процедур определения границ объектов зависят интерпретация результатов и процесс принятия решений в различных сферах деятельности [8, 9]. Проблема идентификации границ связана с рядом причин, среди которых сложность формализации описания контура между объектами и внешней по отношению к ним средой, упрощение представления данных с помощью геометрических примитивов [10].

Несмотря на разнообразие существующих решений проблемы неопределенности границ, в большинстве своем опирающихся на математические закономерности и оставляющих в стороне тематическую составляющую данных [7], рассматриваемое направление исследований остается актуальным. В качестве одного из подходов к определению конфигурации неявно локализованных объектов предложено исследование свойств, отличающих их от внешней по отношению к ним среды (или определяющих показателей), и дальнейшая обработка указанных свойств с использованием ГИС [11, 12]. К представленному типу объектов возможно отнести зоны загрязнения

почв и грунтов, примеси в атмосфере, а также тепловые поля. Разработанные ранее тематические подходы и методы анализа и представления результатов доступны к адаптации и применению с использованием инструментов геоинформационных систем, что создает основу для восприятия ГИС в качестве единой среды работы с тематическими данными на всех этапах пространственного моделирования и представления результатов. В данном контексте важной задачей представляется дальнейшая разработка и научное обоснование процедур анализа, обработки и визуализации данных о сложно идентифицируемых пространственно распределенных объектах с последующей частичной автоматизацией процессов в ГИС, направленной на обработку содержательной части подготавливаемых картографических материалов [13].

Целью статьи является характеристика специфики пространственного моделирования и визуализации особого типа объектов природной и природно-антропогенной среды, не имеющих четко определенных границ, с помощью идентификации и описания определяющих показателей как основной моделируемой характеристики. Для достижения цели необходимо решить ряд задач, среди которых выделение общих для определяющих показателей требований, влияющих на их использование в геоинформационных системах, описание сценария применения рассматриваемой концепции на примере обработки и визуализации в ГИС данных о загрязненности почвенного покрова. Объектом исследования определен процесс пространственного моделирования и визуализации объектов с неявной локализацией с помощью ГИС, а предметом – специфика моделирования и визуализации указанных объектов с помощью особого набора характеризующих их параметров (определяющих показателей).

### ***Материалы и методы***

Комплекс теоретических подходов и методологических инструментов, примененных в исследовании, включает в себя систему философских, общенаучных и частнонаучных методов. Диалектическая логика предполагает рассмотрение объектов в динамике их развития и взаимосвязи между собой с учетом таких ключевых характеристик, как всесто-

ронность, объективность, целостность и противоречивость. Методы общенаучного характера включают в себя сравнение, описание и формализацию в виде классификаций и типологий с использованием аналитического и синтетического методов исследования. Системный анализ рассматривается в качестве особого подхода к изучению сложных объектов и процессов путем их представления в виде взаимосвязанных между собой компонентов. Кроме того, благодаря абстрагированию от ряда свойств и отношений формируются модели как идеализированные системы, направленные на исследование тех или иных особенностей объектов и процессов. Частнонаучная составляющая ориентирована на конкретизацию представленных методов в рамках решаемых задач, связанных с картографическими методами исследования, моделированием в среде геоинформационных систем и тематическими классификациями, использованием законодательно установленных нормативных значений и стандартов оценки состояния окружающей среды.

В развитие предложенной ранее системы критериев идентификации особого типа природных и природно-антропогенных объектов [12] в представленной статье рассмотрено свойство параметрической (сущностной) демаркации, связанное с задачей определения

границ моделируемых тел. Для реализации демаркации используется процедура пробоотбора или инструментальных измерений в пределах территории исследования по регулярным и нерегулярным сетям для оценки параметров, названных в данной работе определяющими. Установлено, что для рассматриваемого типа моделируемых объектов характерно наличие одного или совокупности взаимосвязанных между собой свойств, которые позволяют однозначно идентифицировать эти объекты в пространстве. Таким образом, определяющие показатели становятся ключевым критерием для поиска неявно локализованных объектов в пределах исследуемой территории. К определяющим показателям возможно отнести доступные к измерению различные физико-химические параметры среды (к примеру, температуру, прозрачность, содержание поллютантов, содержание полезных компонентов) или подготовленные на их основе интегральные характеристики (суммарный показатель загрязнения почв ( $Z_c$ ), индекс загрязнения воздуха (ИЗА)). Ниже (табл. 1) приведена краткая характеристика существующих критериев оценки, которые представляется возможным рассматривать в качестве определяющих показателей по отношению к объектам, не имеющим четко определенных границ, и их систем классификаций.

**Таблица 1.** Существующие критерии оценки неявно локализованных объектов и связанные с ними классификации

Объект	Критерий оценки	Классификация
Тело загрязнения почвенного покрова	<p>–При оценке монозагрязнения: содержание отдельного поллютанта;</p> <p>–при оценке многокомпонентного загрязнения: суммарный показатель загрязнения почв (<math>Z_c</math>) или иные комплексные показатели</p>	<p>Классификация категорий загрязнения почв органическими и неорганическими соединениями согласно утвержденным нормативам (Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»): Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2. – URL: <a href="https://docs.cntd.ru/document/573500115">https://docs.cntd.ru/document/573500115</a>. – Текст : электронный);</p> <p>–при оценке монозагрязнения – указанная шкала связана с гигиеническими нормативами (ПДК и ОДК химических веществ в почве), классами опасности загрязняющих веществ и группой исследуемых соединений;</p> <p>–при оценке многокомпонентного загрязнения: допустимая (<math>Z_c</math> менее 16), умеренно опасная (<math>Z_c</math> от 16 до 32), опасная (<math>Z_c</math> от 32 до 128), чрезвычайно опасная (<math>Z_c</math> более 128)</p>

Окончание табл. 1

Объект	Критерий оценки	Классификация
Облако примеси в атмосферном воздухе	–При оценке монозагрязнения: содержание отдельного поллютанта; –при оценке многокомпонентного загрязнения: индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)	Классификация загрязнения атмосферного воздуха согласно утвержденной методике (Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Об утверждении методики определения высокого и очень высокого загрязнения атмосферного воздуха» от 17.02.2022 № 106. – URL: <a href="https://base.garant.ru/403588206/">https://base.garant.ru/403588206/</a> . – Текст : электронный); –при оценке монозагрязнения: шкала оценки в соответствии с превышениями гигиенических нормативов (ПДК и ОДК); –при оценке многокомпонентного загрязнения: высокое (ИЗА от 7 до 13), очень высокое (ИЗА больше или равен 14)
Тело промышленных запасов полезных компонентов россыпных месторождений	Запасы полезного компонента [14]	Условная классификация россыпей: бедные (вертикальный запас до 2 400 мг/м <sup>2</sup> ), умеренные (от 2 400 до 19 200 мг/м <sup>2</sup> ) и богатые (более 19 200 мг/м <sup>2</sup> ) [15]

Предложенная концепция определяющих показателей применена к научно-исследовательскому проекту, связанному с оценкой загрязненности почвенного покрова города Кронштадта (Санкт-Петербург) [16]. В рамках проведенных исследований в пределах населенного пункта в соответствии с данными, представленными в предыдущих работах [17], выделенными функциональными зонами города и нормативными требованиями (Межгосударственный стандарт ГОСТ 17.4.3.01–2017 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб» от 01.06.2018 № 302-ст. – URL: <https://fsvps.gov.ru/files/gost-17-4-3-01-2017-mezhgosudarstvennyj-standart/>. – Текст : электронный), была построена сетка отбора проб почв и грунтов в пределах пробных площадок. При проведении рекогносцировочных исследований в восточной части города шаг сетки уменьшен в связи с выявленной высокой антропогенной нагрузкой и расположением в пределах этой территории большинства нормируемых объектов (образовательные и медицинские учреждения, рекреационные территории). Полученное в результате число пробных площадок

(33 штуки) также соответствует требованиям математической статистики в части дальнейшей обработки данных с целью получения статистически значимых результатов.

Отбор точечных проб осуществлялся в пределах пробных площадок с поверхностного слоя почв и грунтов (глубина до 0,2 м) методом конверта в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–2017 (Межгосударственный стандарт ГОСТ 17.4.4.02–2017 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» от 17.04.2018 № 202-ст. – URL: <https://fsvps.gov.ru/files/gost-17-4-4-02-2017-mezhgosudarstvennyj-standart/>. – Текст : электронный). Для маркировки образцов использовались порядковые номера пробных площадок. Для определения валовых форм тяжелых металлов (медь, никель, свинец, цинк, мышьяк, кадмий, ртуть) в отобранных образцах почв и грунтов использовались методы рентгенофлуоресцентного анализа. Кадмий и ртуть не участвуют в дальнейшем анализе и подготовке графических материалов в связи с отсутствием

превышения фоновых значений по результатам проведенного анализа.

Процедура оценки загрязненности проводилась в соответствии с нормативными документами, содержащими данные о предельно допустимых концентрациях (ПДК) химических элементов в почвенном покрове и требованиях к их интегральной оценке согласно СанПиН 1.2.3685–21 (Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. – Текст : электронный), охарактеризованных ниже в контексте концепции определяющих показателей.

### **Результаты**

Суть моделирования состоит в отделении моделируемых объектов от внешней среды [18] и их идеализации в соответствии с определенной исследователем целью. Данный процесс напрямую связан с задачами типологизации и классификации с помощью обоснованных систем сходств и различий объектов и явлений по ряду ключевых признаков. Выбор конкретных признаков зависит от направления проводимых исследований (мониторинговые работы, нормативная оценка состояния окружающей среды, оценка запасов ценных или ключевых элементов в той или иной среде) и характера моделируемых тел (водный объект, почвенный покров, газоздушная смесь). При этом к обязательным условиям выбора признаков в концепции определяющих показателей необходимо отнести информативность, измеримость и сопоставимость, а также устойчивость. Информативность состоит в выборе такого набора моделируемых и визуализируемых параметров объекта, который в дальнейшем позволяет однозначно интерпретировать и обрабатывать полученную модель для достижения цели исследования [19]. Критерии измеримости и сопоставимости ориентируются, с одной стороны, на доказательность, воспроизводи-

мость и проверяемость как свойства научности знания [20], а с другой – на технико-технологическую возможность проведения измерений определяющих показателей для дальнейшего исследования.

Устойчивость определяющих показателей устанавливается через связь с научно обоснованными и нормативно установленными классификациям моделируемых объектов и возможность адаптации к изменениям [21]. Такой подход позволяет повысить методологическую обоснованность процедур моделирования и визуализации. Использование существующих решений выгодно тем, что уже сформированные фундаментальные логические правила и закономерности тематических исследований необходимо лишь адаптировать для работы со специализированным программным обеспечением.

Концепция определяющих показателей и существующих систем их классификаций для дальнейшего пространственного моделирования и визуализации с использованием геоинформационных систем открывает большое число вариантов обработки, анализа и представления данных. Так, ГИС позволяют использовать для формализации и дальнейшей обработки тематических сведений языки программирования, включая правила построения семантической паутины или Semantic Web Rule Language (SWRL) [22], дополнять на их базе существующие инструменты, а также проводить интеграцию данных с иным программным обеспечением – системами информационного моделирования и системами автоматизированного проектирования.

Концепция определяющих показателей в ГИС-моделировании и визуализации пространственных объектов, не имеющих четко определенных границ, в данном исследовании применена к анализу тел загрязнения почвенного покрова и техногенных грунтов на основе ПДК и интегральных параметров оценки для подготовки интерполяционных поверхностей [16]. В качестве интегрального коэффициента выступает суммарный показатель загрязнения почв ( $Z_c$ ), характеризующий степень их загрязнения тяжелыми металлами. К данной категории химических элементов относят медь, никель, кадмий, ртуть,

свинец, цинк (группа металлов) и мышьяк (группа неметаллов). С превышением определенных концентраций тяжелые металлы провоцируют нарушение функций объектов окружающей среды, в том числе живых организмов [23], в связи с чем указанные химические элементы находятся на особом контроле исследователей.

Использование суммарного показателя загрязнения почв в качестве определяющего показателя по отношению к телам загрязнения почвенного покрова отвечает приведенным выше критериям измеримости, информативности, сопоставимости и устойчивости. Так, расчет  $Z_c$  основан на количественных данных – измеренных значениях содержания загрязняющих веществ в почве, полученных путем опробования почв и грунтов территории исследования, и их фоновых значениях. Формула расчета  $Z_c$  выглядит следующим образом:

$$Z_c = \sum K_c - (n - 1), \quad (1)$$

где  $n$  – число определяемых суммируемых химических элементов, для которых  $K_c > 1$ ;  $K_c$  – коэффициент концентрации химического элемента, определяющийся как отношение фактического содержания загрязняющего вещества к фоновому содержанию:

$$K_c = C_i / C_{\phi_i}, \quad (2)$$

где  $C_i$  – фактически измеренное значение содержания  $i$ -го загрязняющего вещества в почве;  $C_{\phi_i}$  – значение фонового содержания  $i$ -го загрязняющего вещества в почве.

Информативность рассматриваемого показателя связана с тем, что он позволяет провести комплексную оценку уровня загрязнения почвенного покрова с учетом совокупного воздействия нескольких загрязняющих веществ одновременно. Кроме того, использование коэффициентов концентрации позволяет провести ранжирование загрязняющих веществ по превышению над фоновым уровнем содержания на исследуемой территории.

Использование суммарного показателя загрязнения почв обеспечивает сопоставимость данных между разными временными периодами и территориями при условии единства методических подходов. Подобный подход позволяет сравнивать уровни загрязнения участков, проводить анализ динамики изменений.

Устойчивость рассматриваемого показателя связана с утвержденной нормативной базой, методиками расчета и использования. С целью повышения устойчивости  $Z_c$  необходим строгий учет и актуализация данных о фоновых значениях содержания загрязняющих веществ, строгий контроль за перечнем используемых при расчетах химических элементов и методических подходов. Таким образом, с учетом приведенных выше комментариев  $Z_c$  выступает в роли определяющего показателя, удовлетворяющего всем предъявляемым условиям.

Стандартный процесс первичной обработки данных, полученных по результатам пробоотбора и лабораторного анализа содержания загрязняющих веществ в пробах почв и грунтов, включает в себя проверку достаточности и достоверности с использованием электронных таблиц и математико-статистических методов, подготовку материалов описательной статистики и формирование сводных таблиц по результатам расчета комплексных параметров. Указанные процессы, а также дальнейшее пространственное моделирование и визуализацию представляется возможным частично автоматизировать с использованием геоинформационных систем. Для этого формируется исходная атрибутивная таблица (табл. 2), содержащая сведения о пространственном положении точек отбора и полученных значениях содержания загрязняющих веществ для проведения дальнейших расчетов. На следующем этапе таблица дополняется расчетными значениями суммарного показателя загрязнения почв  $Z_c$ , выступающего в качестве определяющего показателя согласно формулам (1) и (2).

**Таблица 2.** Вид исходной таблицы данных

Id	Шифр точки	Координата 1	Координата 2	As	Cu	Ni	Cd	Hg	Pb	Zn
1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Таким образом формируется первичный табличный материал, содержащий в себе пространственные и атрибутивные данные для формирования картографической модели, отражающей участок исследования и местоположение сети отбора проб (рис. 1), а также для подготовки иных сведений в текстовом и графическом виде. Благодаря дополнению су-

ществующих инструментов ГИС сценариями, направленными на исследование семантических данных, итоговый результат использования геоинформационных систем существенно расширяется и дополняется материалами описательной статистики, иными сведениями об исходных данных, позволяющими оценить их достаточность и достоверность (рис. 2).

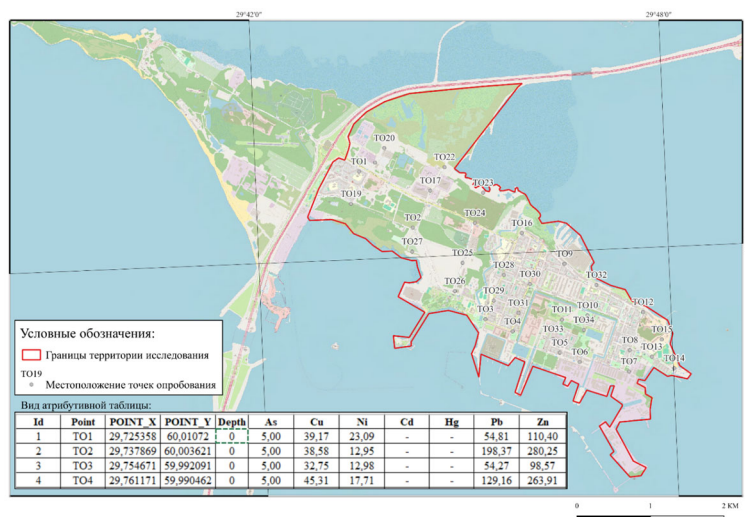


Рис. 1. Карта сети пробоотбора в пределах участка исследования

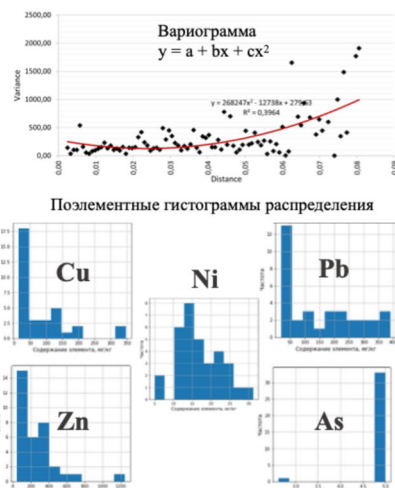
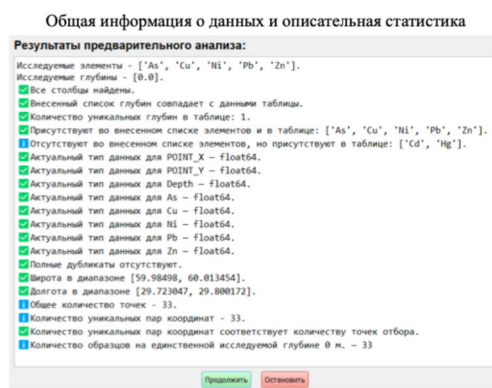


Рис. 2. Дополнительные сведения, полученные в результате обработки данных

Благодаря использованию инструментов ГИС, связанных с методами интерполяции, представляется возможным подготовить пространственную модель, характеризующую распределение определяющего показателя на исследуемом участке и, в соответствии с суще-

ствующей классификацией по категориям загрязненности почв и грунтов, отразить ориентировочное местоположение зон нахождения тел загрязненных почв (рис. 3). С учетом требований, предъявляемых к определяющим показателям, материалы визуализации опираются

на установленные нормативами интервалы значений. Таким образом, осуществляется переход от дискретного, «точечного», описания загрязненности территории к исследованию поверхностного слоя почвы как непрерывного пространственного объекта в совокупности с суще-

ствующей обстановкой природопользования и техногенного воздействия. Кроме того, выявленные на поверхности тела загрязнения почв становятся территорией для продолжения исследований с целью дополнения имеющихся данных и получения трехмерных объектов.

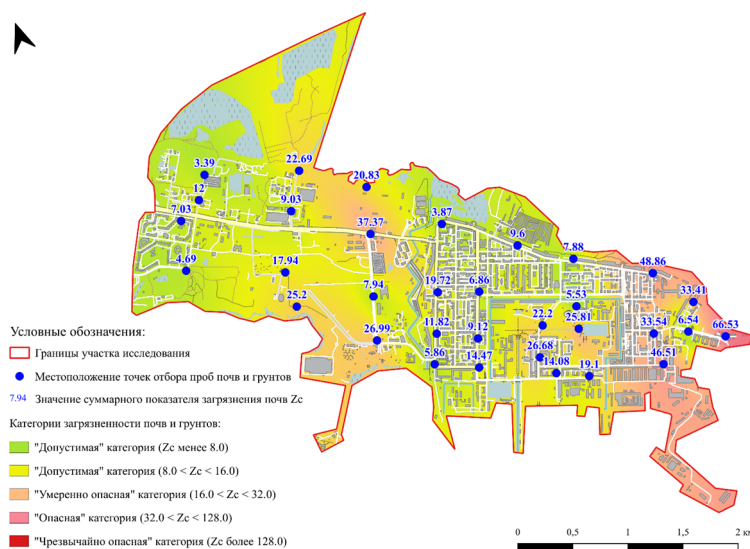


Рис. 3. Карта загрязнения поверхностного слоя почвы

### Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что обоснование и разработка специализированных инструментов ГИС с использованием предложенного принципа параметрической демаркации и системы определяющих показателей открывает существенные перспективы в изучении и управлении пространственно-неявными объектами природной и природно-антропогенной среды. Предложено решение проблемы отделения от внешней среды и идентификации пространственных границ таких объектов через систему измеримых параметров, соответствующих критериям информативности, измеримости, сопоставимости и устойчивости. В качестве определяющих показателей предложено использовать существующие признаки объектов, а для их отграничения от внешней среды – утвержденные и научно обоснованные системы классификаций. В подобном виде концепция адаптирует имеющиеся тематические методические решения и приводит их к единому знаменателю, позволяющему модифицировать данные для обработки и представления в среде геоинформационных систем.

На примере доработки материалов научно-исследовательского проекта оценки загрязненности почвенного покрова представлена роль определяющих показателей и возможности интеграции инструментов обработки атрибутивных данных в процесс пространственного моделирования и визуализации с использованием ГИС. Применение концепции обеспечивает переход от точечных данных в пределах территории исследования к моделированию единого пространственного объекта в условиях повышения роли геоданных и лишения на этапе анализа и моделирования семантических данных тематической окраски.

Предложенный подход использования определяющих показателей ориентирован на преодоление фрагментарности существующих решений за счет унификации семантики тематических исследований, расширение аналитических возможностей специализированного программного обеспечения (в том числе частичную автоматизацию процессов и повышение точности интерпретации данных), а также общий рост эффективности принятия решений. Концепция рассматривается в качестве методологической основы для работы с тематическими геопространствен-

ными данными об объектах с неявной локализацией, способствуя развитию тематического картографирования как инструмента решения задач в территориальном планировании, природопользовании и иных сферах

деятельности. Дальнейшие исследования могут быть направлены на апробацию методики для различных объектов, в том числе обладающих изменчивостью во времени и пространстве.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Янкелевич С. С. Тематическое картографирование на базе геопространственных знаний и когнитивного подхода. Тематические карты и атласы: современные концепции научного содержания, новые технологии создания и использования : материалы XI международной научной конференции по тематической картографии. Иркутск : Издательство Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2022. С. 237–239.
2. Лисицкий Д. В., Комиссарова Е. В., Колесников А. А., Шарыпова М. Н. Двухмерные анимационные картографические произведения. Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. С. 100–105.
3. Орлов М. Ю, Верещака Т. В. Тенденции развития картографического производства в России (2017 г. – настоящее время). Тематические карты и атласы: современные концепции научного содержания, новые технологии создания и использования : материалы XI международной научной конференции по тематической картографии. Иркутск : Издательство Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2022. С. 186–189.
4. Lee J-G., Kang M. Geospatial Big Data: Challenges and Opportunities. Big Data Research. 2015. № 2 (2). P. 74-81. DOI 0.1016/j.bdr.2015.01.003.
5. Ковалева О. В., Баранова Н. А. Трехмерное картографирование: подходы, методы, классификации. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2022. № 66(3). С. 77–91. DOI 10.30533/0536-101X-2022-66-3-77-91.
6. Kaufmann M. Your Wish is My Command: Programming by Example. San Francisco, USA: Academic Press, 2001. P. 416. DOI 10.1016/B978-1-55860-688-3.X5000-3.
7. Clementini E., Felice P. D. An Algebraic Model for Spatial Objects with Indeterminate Boundaries. Geographic Objects with Indeterminate Boundaries. London: Taylor & Francis, 1996. P. 155–169.
8. Evans T. S., Rivers R. J. Was Thebes Necessary? Contingency in Spatial Modeling. Frontiers in Digital Humanities. 2017. № 4(8). URL: [https://www.researchgate.net/publication/317154971\\_Was\\_Thebes\\_Necessary\\_Contingency\\_in\\_Spatial\\_Modeling](https://www.researchgate.net/publication/317154971_Was_Thebes_Necessary_Contingency_in_Spatial_Modeling). DOI 10.3389/fdigh.2017.00008.
9. DeAngelis D., Yurek S. Spatially Explicit Modeling in Ecology: A Review. Ecosystems. 2017. № 20(2). P. 1–17. DOI 10.1007/s10021-016-0066-z.
10. Hackel T., Wegner J. D., Schindler K. Contour Detection in Unstructured 3D Point Clouds. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Las Vegas, USA, 2016. P. 1610–1618. DOI 10.1109/CVPR.2016.178.
11. Флеенко А. С. Разработка модуля геоинформационной системы для моделирования и трехмерной визуализации загрязненности почвенного покрова. Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых : материалы 17 Международной научной школы молодых ученых и специалистов. М. : ИПКОН РАН, 2025. С. 243–246.
12. Флеенко А. С. Идентификация объектов с неявной пространственной локализацией при пространственном моделировании и визуализации с применением геоинформационных систем. Отходы и ресурсы. [Электронный ресурс] 2025. № 12(4). URL: <https://resources.today/PDF/07NZOR425.pdf>. DOI 10.15862/07NZOR425.
13. Андреева О. А. Геоинформационное семантическое моделирование // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2019. № 3(13). С. 27–32.
14. Тальгамер Б. Л., Чемезов В. В. Оценка техногенных россыпей и методов определения их запасов. iPolytech Journal. 2012. № 12 (71). С. 126–130.
15. Загибалов А. В. Геолого-промышленная классификация россыпей Ленского золотоносного района как объектов поисков и разведки. iPolytech Journal. 2011. № 11 (58). С. 53–58.
16. Флеенко А. С., Куриленко В. В. Изучение миграционных характеристик тяжелых металлов в почвах города Кронштадта. Экологические проблемы недропользования. Наука и образование : материалы XVIII международной научной конференции. СПб. : ЛЕМА, 2018. С. 250–253.

17. Куриленко В. В., Осмоловская Н. Г., Максимова Д. А., Кучаева Л. Н. Геоэкологическая характеристика Кронштадта и оценка загрязненности его территории тяжелыми металлами. Вестник СПбГУ. 2015. № 7(2). С. 107–124.
18. Цветков В. Я. Основы геоинформационного моделирования. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 1999. № 4. С. 147–157.
19. Цветков В. Я. Оценка информативности и качества обработки графической информации. Успехи современного естествознания 2014. № 12. С. 137–140.
20. Губанов Н. И., Губанов Н. Н., Третьяков Н. Г. Критерии некоторых аспектов научного знания. Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Сер.: Педагогика. Психология. Философия. 2016. № 1(01). С. 25–35.
21. Лексин В. Н. Неопределенность, риски и устойчивость систем. Труды ИСА РАН. 2022. Т. 72. С. 3–14.
22. Щербаков А. Г., Садовникова Н. П., Парыгин Д. С., Рашевский Н. М., Гуртяков А. С. Интеллектуальная поддержка анализа градостроительных проектов на основе онтологии. Онтология проектирования. 2025. № 15(3). С. 436–448. DOI 10.18287/2223-9537-2025-15-3-436-448.
23. Appenroth K-J. What are «heavy metals» in Plant Sciences? Acta Physiol Plant. 2010. № 32. P. 615–619. DOI 10.1007/s11738-009-0455-4.

## REFERENCES

1. Yankelevich S. S. (2022). Thematic Cartography Using Geospatial Knowledge and Cognitive Methods. *Tematicheskie karty i atlasy: sovremennye kontseptsii nauchnogo sodержaniya, novye tekhnologii sozdaniya i ispolzovaniya : materialy XI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii po tematicheskoy kartografii [Thematic maps and atlases: contemporary theories of scientific content, new technologies of mapping and use : Proceedings of the 11th International Scientific Conference on Thematic Cartography]*. Irkutsk: Published by the V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS. 237–239 [in Russian].
2. Lisitsky D. V., Komissarova E. V., Kolesnikov A. A., Sharypova M. N. (2016). 2D Animation Cartographic Works. *Interexpo Geo-Sibir [Interexpo GeoSiberia]*. 1(1). 100–105 [in Russian].
3. Orlov M. Yu, Vereshchaka T. V. (2022). Developments and trends in Russian cartographic production (2017–present). *Tematicheskie karty i atlasy: sovremennye kontseptsii nauchnogo sodержaniya, novye tekhnologii sozdaniya i ispolzovaniya : materialy XI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii po tematicheskoy kartografii [Thematic maps and atlases: contemporary theories of scientific content, new technologies of mapping and use : Proceedings of the 11th International Scientific Conference on Thematic Cartography]*. Irkutsk: Published by the V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS. 186–189. DOI:10.30533/0536-101X-2022-66-3-77-91 [in Russian].
4. Lee J-G., Kang M. (2015). Geospatial Big Data: Challenges and Opportunities. *Big Data Research*. 2(2). 74–81. DOI 0.1016/j.bdr.2015.01.003.
5. Kovaleva O. V., Baranova N. A. (2022). 3D mapping: approaches, techniques, and classifications. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestia Vuzov «Geodesy and Aerophotosurveying»]*. 66(3). 77–91 [in Russian].
6. Kaufmann M. (2001). Your Wish is My Command: Programming by Example. *San Francisco, USA: Academic Press*. P. 416. DOI 10.1016/B978-1-55860-688-3.X5000-3.
7. Clementini E., Felice P. D. (1996). An Algebraic Model for Spatial Objects with Indeterminate Boundaries. *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries. London: Taylor & Francis*. 155–169.
8. Evans T. S., Rivers R. J. (2017). Was Thebes Necessary? Contingency in Spatial Modeling. *Frontiers in Digital Humanities*. 4(8). URL: [https://www.researchgate.net/publication/317154971\\_Was\\_Thebes\\_Necessary\\_Contingency\\_in\\_Spatial\\_Modeling](https://www.researchgate.net/publication/317154971_Was_Thebes_Necessary_Contingency_in_Spatial_Modeling). DOI 10.3389/fdigh.2017.00008.
9. DeAngelis D., Yurek S. (2016). Spatially Explicit Modeling in Ecology: A Review. *Ecosystems*. 20(2). 1–17. DOI 10.1007/s10021-016-0066-z.
10. Hackel T., Wegner J. D., Schindler K. (2016). Contour Detection in Unstructured 3D Point Clouds. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Las Vegas, USA*. 1610–1618. DOI 10.1109/CVPR.2016.178.
11. Flenko A. S. (2025). Development of a GIS module for modelling and 3D visualisation of soil contamination. *Problemy osvoeniya nedr v XXI veke glazami molodykh : materialy 17 Mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly molodykh uchyonykh i spetsialistov [Subsurface Development Challenges in the 21st Century through*

*the Eyes of the Young: Proceedings of the 17th International Scientific School for Young Scientists and Specialists*]. Moscow: IPKON RAS. 243–246 [in Russian].

12. Fleenko A. S. (2025). Identification of objects with implicit spatial localization in spatial modelling and visualization using geographic information systems (GIS). *Internet-zhurnal «Othody i resursy» [Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling]*. 12(4). URL: <https://resources.today/-PDF/07NZOR425.pdf>. [in Russian].

13. Andreeva O. A. (2019). Geospatial semantic modeling. *ITNOU: Informatsionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii [IT applications in science, education, and administration]*. 3(13). 27–32 [in Russian].

14. Tal'gamer B. L., Chemezov V. V. (2012). Assessing Technogenic Placers and Methods to Determine their Resources. *iPolytech Journal*. 12(71). 126–130 [in Russian].

15. Zagibalov A. V. (2011). Geological and Industrial Classification of Lena Gold-Bearing Region Placers as Objects of Exploration and Prospecting. *iPolytech Journal*. 11(58). 53–58 [in Russian].

16. Fleenko A. S., Kurilenko V. V. (2018). Investigation of heavy metal migration patterns in Kronstadt urban soils. *Ekologicheskie problemy nedropol'zovaniya. Nauka i obrazovanie : materialy XVIII mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii [Environmental Issues of Subsurface Resource Management. Science and Education: Proceedings of the 18th International Scientific Conference]*. Saint-Petersburg: ООО «Izdatel'stvo «LEMA». 250–253 [in Russian].

17. Kurilenko V. V., Osmolovskaya N. G., Maksimova D. A., Kuchaeva L. N. (2015). Geo-Ecological Characteristics of Kronstadt and Assessment of its Territory Pollution by Heavy Metals. *Vestnik of Saint Petersburg University [Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta]*. 7(2). 107–124 [in Russian].

18. Tsvetkov V. Y. (1999). Principles of Geoinformation Modelling. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Geodeziya i aerofotos"emka [Izvestia Vuzov «Geodesy and Aerophotosurveying»]*. 4. 147–157 [in Russian].

19. Tsvetkov V. Y. (2014). Solution Tasks of the Second Kind with the Use of the Information Approach. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Advances in current natural sciences]*. 12. 137–140 [in Russian].

20. Gubanov N. I., Gubanov N. N., Tretjakov N. G. (2016). Criteria Some Aspects of Scientific Knowledge. *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M. K. Ammosova. Seriya: Pedagogika. Psikhologiya. Filosofiya [Vestnik of North-Eastern Federal University. Pedagogics. Psychology. Philosophy]*. 1(01). 25–35 [in Russian].

21. Leksin V. N. (2022). Uncertainty, Risks, and System Resilience. *Trudy ISA RAN [Proceedings of the ISA RAS]*. 72. 3–14 [in Russian].

22. Shcherbakov A. G., Sadovnikova N. P., Parygin D. S., Rashevskij N. M., Gurtyakov A. S. (2025). Intelligent support for the analysis of urban development projects based on ontology. *Ontologiya proektirovaniya [Ontology of designing]*. 15(3). 436–448. DOI: 10.18287/2223-9537-2025-15-3-436-448 [in Russian].

23. Appenroth K.-J. (2010). What are «heavy metals» in Plant Sciences? *Acta Physiol Plant*. 32. 615–619. DOI 10.1007/s11738-009-0455-4.

### Об авторе

Антон Сергеевич Флеенко – ведущий инженер экологической группы отдела инженерных изысканий проектно-изыскательского института электрификации железных дорог и энергетических установок «Трансэлектропроект» – филиала АО «Росжелдорпроект».

### Author details

Anton S. Fleenko – Senior Engineer of Environmental Group of Engineering Survey Department, Designing-And-Survey Institute of Railway Electrification and Power Installations «Transel-ektroproject» – «Roszheldorproject», JSC, Branch.

Получено / Received 25.11.2025

Поступила после рецензирования / Revised 26.03.2026

Принята к публикации / Accepted 24.04.2026