

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 911.375:004(043.3)

**СЕМЕНЮК**

**Александр Сергеевич**

**ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ  
ИНТЕГРАЛЬНОЙ ГЕОСИСТЕМЫ ГОРОДА МОЛОДЕЧНО  
ДЛЯ ОЦЕНКИ БЛАГОУСТРОЕННОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата географических наук

по специальности 25.03.10 – картография

Минск, 2022

Работа выполнена в Белорусском государственном университете

Научный руководитель – **Клебанович Николай Васильевич**,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
профессор кафедры почвоведения и  
геоинформационных систем  
факультета географии и геоинформатики  
Белорусского государственного университета.

Официальные оппоненты: **Волчек Александр Александрович**,  
доктор географических наук, профессор,  
декан факультета инженерных систем и  
экологии учреждения образования  
«Брестский государственный  
технический университет»;

**Кравчук Людмила Александровна**,  
кандидат географических наук,  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории оптимизации геосистем  
Государственного научного учреждения  
«Институт природопользования  
Национальной академии наук Беларуси».

Оппонирующая организация – Учреждение образования  
«Брестский государственный  
университет имени А. С. Пушкина».

Защита состоится 29 апреля 2022 г. в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.01.06 при Белорусском государственном университете по адресу: 220030, г. Минск, ул. Ленинградская, 8 (юридический факультет), ауд. 407. Телефон ученого секретаря +375 17 209 52 63; e-mail: kurlovich@bsu.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного университета.

Автореферат разослан «    » марта 2022 г.

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций Д 02.01.06,  
кандидат географических наук, доцент

Д. М. Курлович

## ВВЕДЕНИЕ

Город, являющийся специфическим пространственным образованием, можно рассматривать в качестве интегральной природно-антропогенной геосистемы, функционирование которой определяется динамикой протекания процессов в антропогенных (население, экономическая база, сфера жизнеобеспечения) и природных (ландшафт) подсистемах, а также интенсивностью прямых и обратных, отрицательных и положительных связей между ними.

Для минимизации конфликтных ситуаций при взаимодействии природных и антропогенных подсистем необходимо формализовать весь массив имеющихся на настоящий момент разнородных пространственных данных об интегральной геосистеме города и впервые в Беларуси представить ее подсистемы в рамках единой картографической модели, что является актуальным.

В качестве среды для создания такой картографической модели могут выступать географические информационные системы (ГИС).

В Беларуси отсутствуют полнофункциональные ГИС городов. Для решения задач муниципального управления и планирования должна быть создана база геоданных в рамках единой ГИС, включающая комплекс цифровых слоев, объединенных в тематические блоки, отражающие основные структурные части интегральной геосистемы города.

Синтез и оперативный анализ картографическими средствами комплекса цифровых слоев позволяют решать как прикладные задачи, связанные с эффективным функционированием городских служб и территориальным планированием города, которые отражены в Программе социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы, так и теоретические вопросы формирования структуры ГИС города, что совершенствует методику картографирования геосистем.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с научными программами (проектами), темами.** Исследование соответствует пунктам 5 «Информатика и космические исследования» и 10 «Экология и природопользование» перечня приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы, пункту 8 «Рациональное природопользование и глубокая переработка природных ресурсов» (устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды) перечня приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016–2020 годы, а также пункту 1 «Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них производства» (технологии «умного» города, цифровые пространственные модели) перечня приоритетных направлений

научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы.

Диссертационная работа выполнялась в рамках плановых НИР: «Ландшафтная структура зон влияния промышленных центров и адаптация растительности к техногенному воздействию» подпрограммы «Природные ресурсы и экологическая безопасность» ГПНИ «Природопользование и экология» (№ ГР 20161432, 2016–2018 гг.); «ГИС-картографирование почв и земель на территории Республики Беларусь» (НИР БГУ № ГР 20150511, 2015–2019 гг.).

**Цель и задачи исследования.** *Цель исследования* – картографирование и пространственный анализ элементов интегральной геосистемы г. Молодечно в ГИС и проведение на их основе оценки благоустроенности городской среды.

*Задачи исследования:*

- выявить особенности цифрового картографирования интегральной природно-антропогенной геосистемы г. Молодечно на основе анализа ее структуры;
- разработать методику автоматизированного картографирования средствами ГИС цифровых слоев природно-экологических, градостроительных и социально-экономических элементов интегральной геосистемы г. Молодечно;
- создать ГИС и базу геоданных интегральной геосистемы г. Молодечно;
- выполнить оценку благоустроенности городской среды г. Молодечно по кварталам жилой застройки на основе приемов и способов геоинформационного анализа и картографирования;
- предложить мероприятия по совершенствованию территориальной организации интегральной геосистемы г. Молодечно.

*Объект исследований* – интегральная геосистема г. Молодечно. Выбор объекта обусловлен тем, что г. Молодечно является типичным большим городским населенным пунктом Беларуси с развитой производственной, транспортной и социальной инфраструктурой и обладает всеми элементами структуры интегральной геосистемы.

*Предмет исследования* – приемы и способы автоматизированного картографирования природно-экологических, градостроительных и социально-экономических элементов интегральной геосистемы г. Молодечно.

Информационную базу исследования составляют цифровые слои ЗИС, данные дистанционного зондирования Земли, материалы собственных полевых исследований, литературные, фондовые, статистические и картографические материалы. Период исследований (2015–2018 гг.) обусловлен доступностью материалов и проведением полевых изысканий.

**Научная новизна** работы заключается в создании новых приемов и способов картографирования геосистем городов, разработке методики формирования ГИС и базы геоданных интегральной геосистемы г. Молодечно, а также автоматизации построения ее тематических цифровых слоев с помощью новых, созданных в ModelBuilder ГИС ArcGIS, инструментов; в оценке благоустроенности городской среды на основе геоинформационного картографирования и анализа элементов интегральной геосистемы г. Молодечно по оригинальной авторской методике, позволившей предложить ряд мероприятий по совершенствованию территориальной организации объекта исследований.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. *Методика автоматизированного геоинформационного картографирования цифровых слоев* интегральной геосистемы на примере г. Молодечно, впервые разработанная для представления данных о городе на основе одного цифрового решения и отличающаяся наличием набора авторских инструментов ГИС ArcGIS, обеспечивает сопряженный анализ пространственной информации в целях территориального управления и планирования.

2. *ГИС и база геоданных интегральной геосистемы г. Молодечно*, включающая 5 наборов классов пространственных объектов («Природно-экологические цифровые слои», «Градостроительные цифровые слои», «Социально-экономические цифровые слои», «Оценочные цифровые слои», «Цифровые слои совершенствования территориальной организации города»), позволяет представить пространственную информацию об интегральной геосистеме города в рамках единой картографической модели.

3. *Оценка благоустроенности городской среды на примере г. Молодечно*, основанная на картографическом и геоинформационном анализе экологического состояния территории, градостроительных характеристик жилой застройки и временной доступности объектов социальной инфраструктуры, позволяет автоматизированно выделять и картографировать не менее 3 классов благоустроенности городской среды. Выполненная оценка определяет комплекс мероприятий по совершенствованию городской среды.

**Личный вклад соискателя ученой степени.** Диссертационная работа является самостоятельно выполненным научным трудом, в основе которого лежат данные, полученные лично автором, а также результаты работы с литературными и картографическими материалами. Соискателем самостоятельно создана ГИС и база геоданных г. Молодечно. Для автоматизации картографирования цифровых слоев ГИС разработан набор инструментов в среде ModelBuilder ГИС ArcGIS, который ускоряет сопряженный анализ

информации в целях территориального управления и планирования. Самостоятельно разработана методика оценки благоустроенности городской среды г. Молодечно, основанная на геоинформационном и картографическом анализе экологического состояния территории, градостроительных характеристик кварталов жилой застройки и временной доступности объектов социальной инфраструктуры. На основе проведенной оценки были разработаны актуальные предложения по совершенствованию территориального устройства и перспективному развитию г. Молодечно.

**Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов.** Результаты исследования были доложены на республиканских и международных научных конференциях: Конкурсе ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь «ГИС-технологии в науках о Земле» (Минск, 2015–2017); Межвузовской студенческой конференции с международным участием «Демографические риски XXI века» (Минск, 2015–2016); Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире» (Пермь, 2016–2017); Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Географические исследования Евразии: история и современность» (Санкт-Петербург, 2016–2017); Международной научно-практической конференции «Геодезия, картография, кадастр, ГИС – проблемы и перспективы развития» (Новополоцк, 2016); Международном научном конгрессе по информатике «Информационные системы и технологии» (Минск, 2016); Республиканской научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов «Информационные технологии: теория, опыт, проблемы, перспективы» (Горки, 2017); Международной научной конференции «Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых» (Минск, 2017); Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, 2018); Международной научно-практической конференции «Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование» (Минск, 2018); 83-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием) «Информационные технологии» (Минск, 2019); Международной научно-практической конференции «Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства», (Киров, 2019); Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Теория и практика современных географических исследований» (Санкт-Петербург, 2019).

Результаты исследования используются в НИЛ экологии ландшафтов БГУ, в ГП «Национальное кадастровое агентство», в УП «БЕЛНИИП-ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА», а также в учебном процессе кафедры почвоведения и геоинформационных систем БГУ.

**Опубликование результатов диссертации.** Основные положения диссертации были опубликованы в 24 научных работах, в том числе в 5 статьях в рецензируемых научных изданиях, соответствующих п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, объемом 3,2 авторского листа, 18 публикациях в сборниках материалов конференций и 1 тезисах докладов.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из перечня сокращений и условных обозначений, введения, общей характеристики работы, 3 глав основной части, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 198 страниц, в том числе 59 рисунков на 30 страницах, 8 таблиц на 3 страницах и приложений на 35 страницах. Библиографический список, размещенный на 27 страницах, включает 250 наименований, из них 24 публикации соискателя на 4 страницах.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

**В главе 1 «Теоретические аспекты анализа и картографирования геосистем городских территорий» рассматриваются основные подходы к исследованию геосистем и особенности их картографирования, отражается современное состояние развития ГИС городов.**

В настоящее время в научном сообществе не существует единого взгляда на термин «геосистема»: часть исследователей понимает под ним исключительно природные комплексы (В.Б. Сочава, А.Г. Исаченко), другая часть расширяет сферу его применения на социальные и экономические явления (А.Ф. Асланикашвили, Ю.Г. Саушкин, Я. Демек, Э.Б. Алаев). Термин «геосистема» является продуктом советской географической научной школы и не носит концептуального характера в работах западных ученых. Концепция интегральной геосистемы, предложенная В.С. Преображенским, позволяет рассмотреть город как сложное природно-антропогенное образование.

В картографировании геосистем выделяется два научных направления: теоретико-картографическое и ландшафтное. В рамках первого направления (К.А. Салищев, А.М. Берлянт) были сформированы общие теоретико-методологические основы геосистемного картографирования (методы, принципы и алгоритмы изготовления карт как моделей геосистем, составления карт компонентов геосистем в атласе); второе направление (В.Б. Сочава, А.В. Белов, Т.И. Коновалова, А.Н. Бешенцев) занимается вопросами

ландшафтного картографирования геосистем как природных комплексов (составление производных карт посредством хозяйственной интерпретации содержания природных карт, создание индикационных карт на основе результатов исследований взаимосвязей между компонентами геосистемы).

По сравнению с традиционным картографированием цифровое обладает рядом преимуществ: компактностью структуры, оперативностью обновления информации, возможностью автоматизированного применения инструментов пространственного анализа и моделирования. В области разработки муниципальных ГИС сформировался ряд самостоятельных прикладных направлений (градостроительные, кадастровые, транспортные, медицинские, экологические и другие ГИС городов).

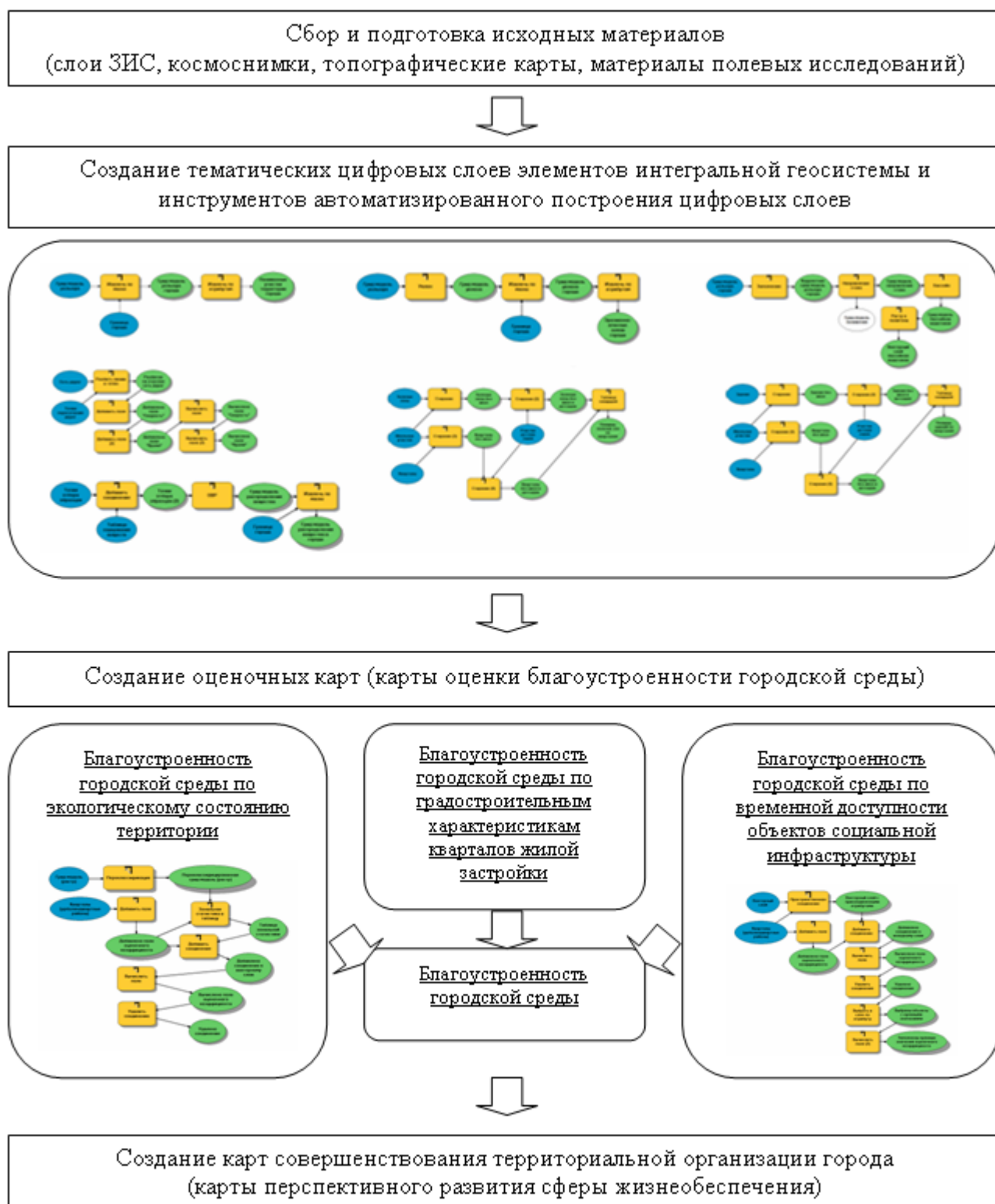
**В главе 2 «Методика автоматизированного картографирования элементов интегральной геосистемы г. Молодечно. Разработка ГИС и базы геоданных» описываются этапы создания ГИС г. Молодечно с помощью авторских инструментов ModelBuilder ArcGIS и рассматривается структура базы геоданных.**

Автоматизированное картографирование элементов интегральной геосистемы г. Молодечно потребовало создания инструментов, которые позволяют снижать трудозатраты на выполнение однотипной последовательности операций с геоданными и сокращать время проведения пространственного анализа. В приложении ModelBuilder ГИС ArcGIS были разработаны новые инструменты «Зоны подтопления», «Эрозионно-опасные земли», «Бассейны водотоков», «Геохимия почвенного покрова», «Плотность застройки», «Озелененность жилых зон» и «Время передвижения по сети».

После обновления базовых векторных слоев земельно-информационной системы (ЗИС) г. Молодечно по актуальным данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) происходило наполнение базы геоданных тематической информацией (рисунок 1). Всего по данным, собранным за период с 2015 по 2018 г., было создано 85 классов пространственных объектов, которые были скомпонованы в 5 наборов классов пространственных объектов: «Природно-экологические цифровые слои» (морфометрия рельефа, бассейны водотоков, почвенный покров, элементарные ландшафты, экологический каркас, содержание металлов в почвенном покрове), «Градостроительные цифровые слои» (функциональное зонирование, кварталы жилой застройки), «Социально-экономические цифровые слои» (численность и плотность населения, промышленные предприятия, объекты социальной инфраструктуры и зоны их временной доступности), «Оценочные цифровые слои» (благоустроенность городской среды), «Цифровые слои совершенствования территориальной



организации города» (перспективные велодорожки и объекты социальной инфраструктуры, конфликтные ситуации на городских территориях) (таблица 1).



**Рисунок 1. – Схема создания ГИС интегральной геосистемы г. Молодечно**

Таблица 1. – Структура базы геоданных ГИС интегральной геосистемы г. Молодечно

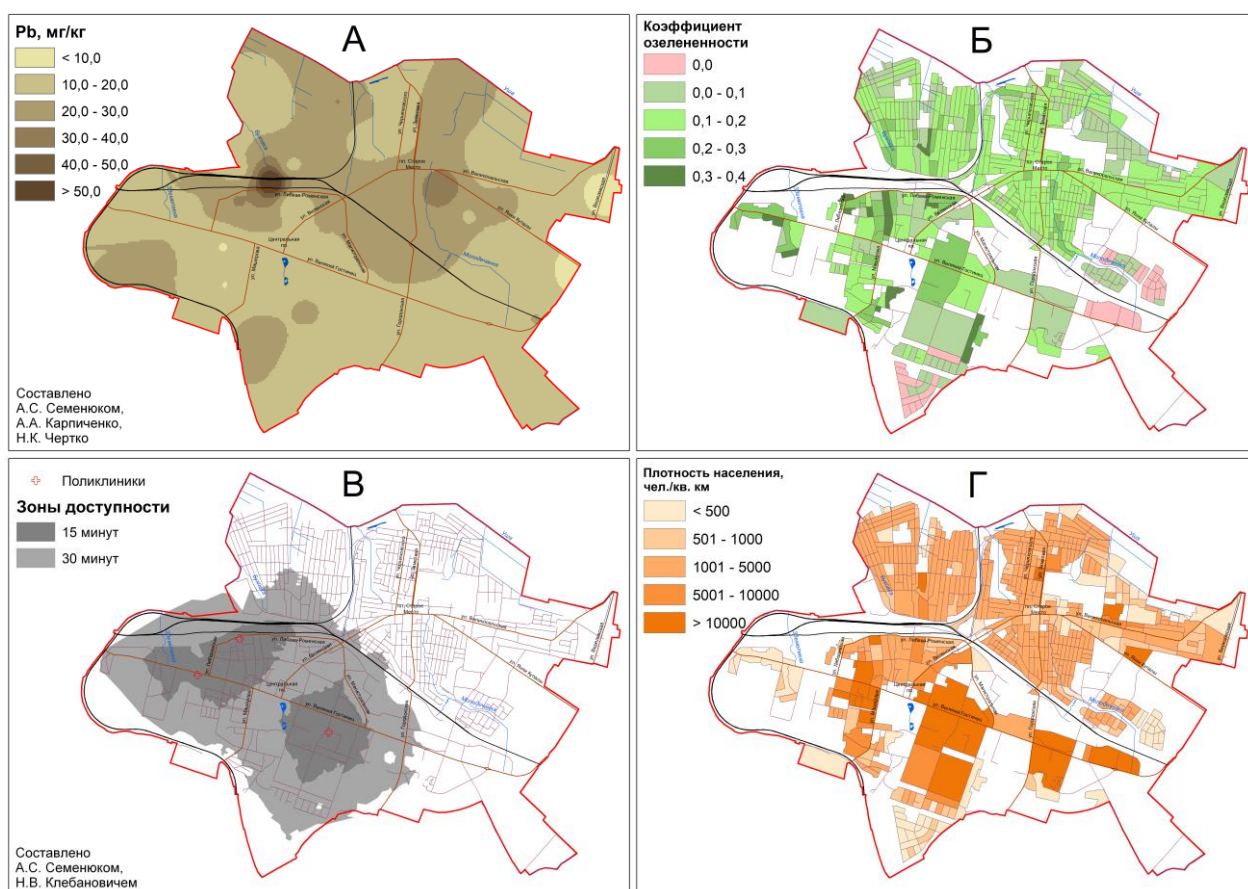
Наборы классов пространственных объектов	Число классов пространственных объектов
Векторная основа ГИС (2015)	4
Растровая основа ГИС (2015)	2
Природно-экологические цифровые слои (2016)	19
Градостроительные цифровые слои (2015)	2
Социально-экономические цифровые слои (2017)	49
Оценочные цифровые слои (2017)	2
Цифровые слои совершенствования территориальной организации города (2018)	13

Тематические цифровые слои природно-экологических, градостроительных и социально-экономических элементов интегральной геосистемы г. Молодечно (рисунок 2) были скомпонованы в виде карт, позволивших провести пространственный анализ ее элементов.

Картографическая интерпретация данных геохимического анализа почв г. Молодечно на содержание в них металлов (медь, свинец, марганец, никель, олово, титан, хром), выполненного в НИЛ экологии ландшафтов БГУ в рамках НИР «Ландшафтная структура зон влияния промышленных центров и адаптация растительности к техногенному воздействию» (№ ГР 20161432, 2016–2018 гг.), произведенная с помощью созданного в ModelBuilder инструмента «Геохимия почвенного покрова», позволила выявить источники загрязнения и разделить город на два района по содержанию металлов в почвах: 1) с повышенным содержанием марганца, титана и хрома, представленный дерново-подзолистыми суглинистыми и супесчаными почвами на склонах моренной возвышенности на юге г. Молодечно с преимущественно жилой многоквартирной застройкой (43,3 % территории); 2) с повышенным содержанием в почве меди, олова, никеля и свинца, представленный дерново-подзолистыми глееватыми супесчаными и песчаными почвами водно-ледниковой равнины на севере г. Молодечно с преимущественно жилой усадебной застройкой (56,7 % территории).

Кварталы жилой застройки г. Молодечно были проанализированы по следующим критериям: по типу конструкции и строительного материала, этажности домов, плотности застройки и озелененности жилых зон. Информация о преобладающем типе конструкции, материале и этажности жилых домов была

внесена в базу данных для каждой оценочной зоны (квартала или его части). Для анализа плотности жилой застройки с помощью созданного в ModelBuilder инструмента для каждой оценочной зоны был рассчитан коэффициент застройки – соотношение застроенной и общей территории. Для анализа озелененности городской среды с помощью созданного в ModelBuilder инструмента был рассчитан соответствующий коэффициент по данным классификации с обучением мозаики космоснимков г. Молодечно в программном комплексе ENVI.



**Рисунок 2. – Примеры тематических цифровых слоев интегральной геосистемы г. Молодечно, выбранные в качестве наиболее представительных из наборов классов базы геоданных (картографическая основа – Госкомимущество Республики Беларусь):**

**А – распределение свинца в почвенном покрове, мг/кг (2016); Б – озелененность жилых зон (2015); В – доступность поликлиник (2017); Г – плотность населения (2017)**

Временная доступность объектов социальной инфраструктуры (магазинов, автобусных остановок, банков, парков и скверов, аптек, поликлиник, школ, детских садов) была рассчитана в ArcGIS с помощью созданного в ModelBuilder инструмента «Время передвижения по сети» и модуля Network Analyst. Радиусы зон пешеходной доступности выбирались в зависимости от важности различных

объектов социальной инфраструктуры. Для наиболее часто посещаемых и относительно равномерно распределенных по территории города типов объектов (продовольственные и хозяйственные магазины, автобусные остановки, банки, парки и скверы, аптеки) были построены зоны доступности в 5, 10 и 15 минут (при средней скорости пешехода 4 км/ч). Для единичных и некоторых множественных объектов, посещение которых населением в меньшей степени зависит от расстояния до них (многофункциональные торговые центры, поликлиники, школы, детские сады), были построены зоны доступности в 15 и 30 минут. Если оценочная зона находилась в пределах более чем одной зоны доступности, ее принадлежность к той или иной из них определялась по площади, которую они занимали (в случае однородной застройки), или по числу проживающего в них населения (в случае неоднородной застройки). В результате были получены карты зон временной доступности объектов социальной инфраструктуры в разрезе кварталов жилой застройки.

**В главе 3 «Оценка благоустроенности городской среды г. Молодечно на основе геоинформационного анализа и картографирования» анализируются показатели благоустроенности городской среды г. Молодечно и рассматриваются результаты ее оценки, дан обзор проблем территориального устройства города и предложены пути их решения.**

Проведение комплексной оценки благоустроенности городской среды предполагает оперирование элементарными участками – оценочными зонами, в качестве которых выступают кварталы жилой застройки.

Для приведения к единой оценочной шкале показателей, выраженных в различных единицах измерения и характеризующих благоустроенность городской среды, применялись коэффициенты от 0 до 1, где 1 является оптимальным значением показателя.

Для автоматизации процесса присвоения коэффициентов кварталам жилой застройки в ModelBuilder были созданы инструменты «Оценочный коэффициент из грид-модели (растра)» и «Оценочный коэффициент из векторного слоя», которые позволили снизить трудозатраты и сократить время проведения оценки.

Первый блок показателей, влияющих на благоустроенность городской среды, связан с оценкой экологического состояния территории. Кварталам жилой застройки, размещенным на территориях, подверженных подтоплению (согласно данным многолетних гидрологических наблюдений на р. Уша) или водной эрозии (на склонах холмов с уклоном более 2°), были присвоены понижающие оценочные коэффициенты, при этом в пространственном ГИС-анализе были задействованы созданные в ModelBuilder инструменты «Зоны подтопления» и «Эрозионно-опасные земли». Для учета загрязнения окружающей среды кварталам жилой застройки, в почвенном покрове которых

было зафиксировано превышение ПДК/ОДК тяжелого металла, с помощью созданного инструмента ГИС «Оценочный коэффициент из GRID-модели (растра)» были присвоены понижающие оценочные коэффициенты, ранжированные в зависимости от степени загрязнения и класса опасности химического элемента. Для каждого квартала жилой застройки был рассчитан сводный коэффициент благоустроенности городской среды по экологическому состоянию территории по формуле (1):

$$K_{эс} = K_{п} \times K_{вэ} \times K_{Cu} \times K_{Pb} \times K_{Mn} \times K_{Ni} \times K_{Cr}, \quad (1)$$

где учтены оценочные коэффициенты

$K_{п}$  – подверженности территории подтоплению;

$K_{вэ}$  – подверженности территории водной эрозии;

$K_{Cu}$ ;  $K_{Pb}$ ;  $K_{Mn}$ ;  $K_{Ni}$ ;  $K_{Cr}$  – загрязнения почвы медью, свинцом, марганцем, никелем и хромом соответственно.

В качестве второго блока показателей выступают градостроительные характеристики кварталов жилой застройки – тип конструкции и строительного материала, этажность домов, плотность застройки и озелененность жилых зон. Каждому кварталу жилой застройки были присвоены оценочные коэффициенты по преобладающему типу конструкции и строительного материала жилых домов, полученные с учетом местных особенностей застройки; коэффициент по этажности жилых домов; коэффициент застройки и оценочный коэффициент озелененности жилых зон. С учетом оценочных коэффициентов для каждого квартала жилой застройки был рассчитан сводный коэффициент благоустроенности городской среды по градостроительным характеристикам кварталов жилой застройки по формуле (2):

$$K_{гх} = K_{т} \times K_{см} \times K_{э} \times (1 - K_{зс}) \times K_{оо}, \quad (2)$$

где  $K_{т}$  – оценочный коэффициент по типу конструкции жилых домов;

$K_{см}$  – оценочный коэффициент по строительному материалу жилых домов;

$K_{э}$  – оценочный коэффициент по этажности жилых домов;

$K_{зс}$  – коэффициент застройки;

$K_{оо}$  – оценочный коэффициент озелененности жилых зон.

Следующий блок показателей связан с временной доступностью объектов социальной инфраструктуры и формализован в виде ряда коэффициентов, которые были ранжированы в зависимости от важности объекта и расстояния до него. С помощью созданного в ModelBuilder инструмента «Оценочный коэффициент из векторного слоя» кварталам жилой застройки были присвоены

соответствующие их пространственному положению оценочные коэффициенты. Для каждого квартала жилой застройки был рассчитан сводный коэффициент благоустроенности городской среды по временной доступности объектов социальной инфраструктуры по формуле (3):

$$K_{\text{си}} = (0,75 K_{\text{пм}} + 0,25 K_{\text{хм}}) \times K_{\text{тц}} \times K_{\text{о}} \times K_{\text{б}} \times K_{\text{пс}} \times K_{\text{а}} \times K_{\text{пк}} \times K_{\text{дп}} \times K_{\text{ш}} \times K_{\text{дс}}, \quad (3)$$

где учтены оценочные коэффициенты временной доступности

$K_{\text{пм}}$  и  $K_{\text{хм}}$  – продовольственных и хозяйственных магазинов;

$K_{\text{тц}}$  – многофункциональных торговых центров;

$K_{\text{о}}$  – автобусных остановок;

$K_{\text{б}}$  – банков;

$K_{\text{пс}}$  – парков и скверов;

$K_{\text{а}}$  – аптек;

$K_{\text{пк}}$  и  $K_{\text{дп}}$  – поликлиник и детской поликлиники;

$K_{\text{ш}}$  и  $K_{\text{дс}}$  – школ и детских садов.

На основании трех сводных коэффициентов был выделен единый усредненный показатель (сводный индекс), представленный суммой сводных коэффициентов, умноженных на поправочные коэффициенты, отражающие вклад блоков показателей в общую благоустроенность городской среды. Наиболее важным блоком показателей, влияющих на благоустроенность городской среды в г. Молодечно, является совокупность градостроительных характеристик кварталов жилой застройки, которая определяет характеристики жилых домов и их окружения. Вторым по значимости блоком показателей является временная доступность объектов социальной инфраструктуры, которая отражает возможности по удовлетворению потребностей горожан. Наименее важным блоком показателей, влияющих на благоустроенность городской среды в г. Молодечно, является экологическое состояние территории, поскольку уровень загрязнения почв невысокий, а риски подтопления жилых кварталов, а также интенсивного развития водной эрозии невелики. Таким образом, сводный индекс благоустроенности городской среды г. Молодечно был рассчитан по формуле (4):

$$I_{\text{бс}} = 0,45 K_{\text{гх}} + 0,35 K_{\text{си}} + 0,2 K_{\text{эс}}, \quad (4)$$

где отражены сводные коэффициенты благоустроенности городской среды

$K_{\text{гх}}$  – по градостроительным характеристикам кварталов жилой застройки;

$K_{\text{си}}$  – по временной доступности объектов социальной инфраструктуры;

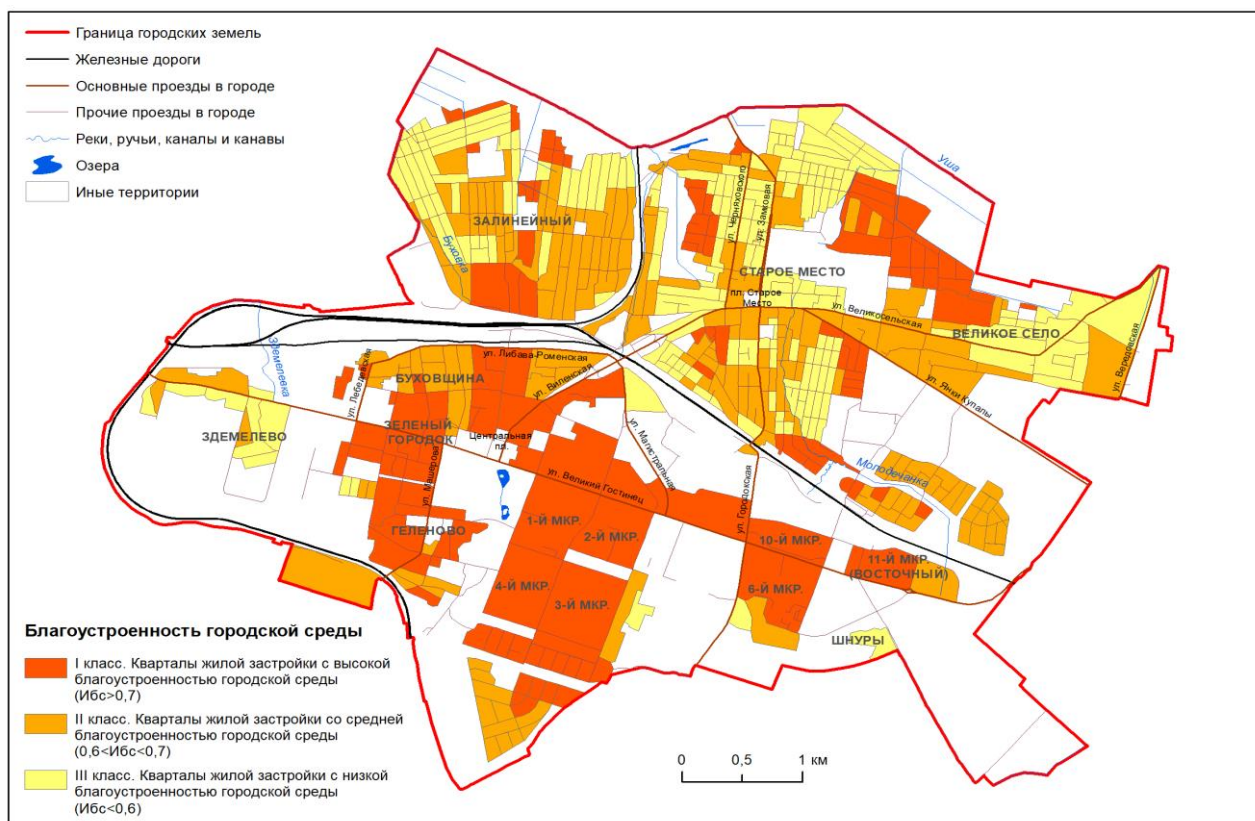
$K_{\text{эс}}$  – по экологическому состоянию территории.

На основе рассчитанных для каждой оценочной зоны значений сводного индекса кварталы жилой застройки были сгруппированы в классы по благоустроенности городской среды (таблица 2) и была создана итоговая карта благоустроенности городской среды г. Молодечно (рисунок 3). Первый класс благоустроенности городской среды, с высокими значениями сводного индекса ( $I_{bc} > 0,7$ ), представлен в основном массивами многоквартирных домов с высокой временной доступностью объектов социальной инфраструктуры, причем тип конструкции жилых зданий не играет решающей роли: многие застроенные в 1950–1980-е гг. кварталы оказались более благоустроенными, чем современные микрорайоны, за счет большей озелененности территории и меньшей этажности домов. Второй класс со средней благоустроенностью городской среды ( $0,6 < I_{bc} < 0,7$ ) образуют расположенная на городской периферии коттеджная застройка с высокими потребительскими качествами построек и низкой временной доступностью объектов социальной инфраструктуры, а также массивы усадебной застройки с низкими потребительскими качествами, находящиеся вблизи скопления объектов социальной инфраструктуры. Третий класс, характеризующийся низкими значениями сводного индекса ( $I_{bc} < 0,6$ ), представлен расположенными на периферии кварталами усадебной застройки с низкой временной доступностью объектов социальной инфраструктуры.

Таблица 2. – Распределение площадей жилой застройки г. Молодечно с высокой, средней и низкой благоустроенностью городской среды по значениям сводных коэффициентов и индекса благоустроенности, км<sup>2</sup> и % площади к общей площади жилой застройки города

Классы по благоустроенности городской среды	Сводные коэффициенты и индекс благоустроенности							
	К <sub>эс</sub>		К <sub>гх</sub>		К <sub>си</sub>		I <sub>bc</sub>	
	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%
I класс. Кварталы жилой застройки с высокой благоустроенностью городской среды	13,8	83,8	4,7	28,4	4,7	28,7	6,4	39,1
II класс. Кварталы жилой застройки со средней благоустроенностью городской среды	2,2	13,7	4,0	24,7	5,2	31,8	5,6	34,2
III класс. Кварталы жилой застройки с низкой благоустроенностью городской среды	0,4	2,5	7,7	46,9	6,5	39,5	4,4	26,7





**Рисунок 3. – Благоустроенность городской среды г. Молодечно (картографическая основа – Госкомимущество Республики Беларусь)**

Анализ таблицы 2 показывает, что суммарно территории с высокой и средней благоустроенностью городской среды по всем сводным коэффициентам и индексу превышают 50 % площади. Вместе с тем низкую благоустроенность городской среды по градостроительным характеристикам кварталов жилой застройки имеет 46,9 % территории жилых зон г. Молодечно, низкую благоустроенность городской среды по временной доступности объектов социальной инфраструктуры – 39,5 %, что связано с высокой долей жилой усадебной застройки в функциональном зонировании города и ее низкой обеспеченностью объектами социальной инфраструктуры.

В перспективе благоустроенность городской среды г. Молодечно можно существенно улучшить за счет трансформации территорий усадебной застройки, проведения работ по озеленению дворовых территорий, увеличения числа объектов социальной инфраструктуры и их временной доступности; данные рекомендации были отражены на созданных картах обеспеченности населения озелененными участками в жилой застройке, перспективных велодорожек и объектов социальной инфраструктуры (магазинов, автобусных остановок, банков, аптек, поликлиник, школ, детских садов), перспективного развития г. Молодечно согласно генеральному плану 2019 г. и конфликтных ситуаций на городских территориях.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. Создание карт геосистем в среде ГИС имеет преимущества перед их традиционным картографированием: данные организуются в виде компактной структуры, быстро обновляются, с ними можно проводить многомерный пространственный анализ, результаты которого затем визуализируются в картографической форме. ГИС позволяют представить город в единой картографической среде и анализировать элементы его интегральной геосистемы в их взаимосвязи в целях территориального управления и планирования [1, 7–9, 11, 12, 24].

2. Разработанная методика автоматизации построения в ГИС цифровых слоев, отражающих элементы интегральной геосистемы г. Молодечно, включающая в себя 7 оригинальных инструментов ModelBuilder ArcGIS («Зоны подтопления», «Эрозионно-опасные земли», «Бассейны водотоков», «Геохимия почвенного покрова», «Плотность застройки», «Озелененность жилых зон», «Время передвижения по сети»), которые представляют собой алгоритмы выполняемых в геоинформационной среде операций над геоданными, позволяет минимизировать временные и трудовые затраты на их проведение [1, 9, 11, 16, 21, 23].

3. Созданная ГИС и база геоданных интегральной геосистемы г. Молодечно, которая состоит из 85 новых классов пространственных объектов, сгруппированных в 5 наборов пространственных объектов («Природно-экологические цифровые слои», «Градостроительные цифровые слои», «Социально-экономические цифровые слои», «Оценочные цифровые слои», «Цифровые слои совершенствования территориальной организации города»), представляет собой единую картографическую модель, позволяющую оперативно проводить пространственный анализ городской территории для принятия управленческих решений [1, 3, 4, 6–12, 14–24].

4. Оригинальная авторская методика оценки благоустроенности городской среды г. Молодечно на основе приемов и способов геоинформационного анализа и картографирования позволяет осуществить группировку кварталов жилой застройки на три класса по значению сводного индекса благоустроенности городской среды: 1) с высокими значениями сводного индекса ( $I_{bc} > 0,7$ ) – преимущественно многоквартирная застройка с высокой временной доступностью объектов социальной инфраструктуры; 2) со средними значениями сводного индекса ( $0,6 < I_{bc} < 0,7$ ) – коттеджная застройка с низкой временной доступностью объектов социальной инфраструктуры, а также усадебная застройка вблизи объектов социальной инфраструктуры; 3) с низкими значениями

сводного индекса ( $I_{bc} < 0,6$ ) – усадебная застройка с низкой временной доступностью объектов социальной инфраструктуры [2, 4, 5, 13].

5. ГИС-анализ цифровых слоев интегральной геосистемы г. Молодечно позволил выявить конфликтные ситуации при установленных генеральным планом 2019 года трансформациях функционального зонирования и разработать рекомендации по совершенствованию озеленения кварталов жилой многоквартирной застройки, строительству перспективных велодорожек, магазинов, автобусных остановок, банков, аптек, поликлиник, школ и детских садов в городе [2, 6, 10, 13, 15, 21, 23].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Методика автоматизированного картографирования средствами ГИС цифровых слоев интегральной геосистемы г. Молодечно является научно обоснованной, прошла апробацию и может служить основой проведения аналогичных исследований в других городах Республики Беларусь (акт внедрения в ГП «Национальное кадастровое агентство» от 01.02.2019, акт внедрения в УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА» от 18.03.2020, акт внедрения в учебный процесс кафедры почвоведения и геоинформационных систем БГУ от 16.12.2016 № 0304/528, акт внедрения в научный процесс НИЛ экологии ландшафтов БГУ от 28.06.2017 № 0304/14-35-2017).

2. Разработанные на основе данных о превышении ПДК/ОДК меди (в 1,13–1,4 раза), свинца (в 1,25–2,3 раза), никеля (в 1,4–3,2 раза) и хрома (в 1,08 раза) в различных частях объекта исследований рекомендации по оптимизации почв для уменьшения негативного воздействия тяжелых металлов на окружающую среду используются в учебном процессе кафедры почвоведения и геоинформационных систем БГУ (акт внедрения от 29.06.2017 № 0304/643).

3. Результаты оценки благоустроенности городской среды г. Молодечно могут быть использованы для коррекции рассчитанной по утвержденным правилам кадастровой стоимости земель города, что позволит учесть большее число показателей, влияющих на объекты недвижимости. Рекомендации по совершенствованию функционального зонирования, экологического каркаса, транспортной доступности, сети объектов социальной инфраструктуры, а также перспективному развитию г. Молодечно предназначены для использования органами государственного управления, проектными организациями, потенциальными инвесторами.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Статьи в рецензируемых научных изданиях, соответствующих п. 18  
Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий  
в Республике Беларусь*

1. Семенюк, А.С. Создание ГИС города Молодечно и пространственный анализ его территориальной структуры / А.С. Семенюк // Земля Беларуси. – 2015. – № 4. – С. 45–48.
2. Семенюк, А.С. Оценка географической доступности объектов социальной инфраструктуры города Молодечно с помощью ГИС-технологий / А.С. Семенюк // Земля Беларуси. – 2016. – № 2. – С. 27–32.
3. Карпиченко, А.А. Геохимическая оценка почв и растительности города Молодечно / А.А. Карпиченко, Н.К. Чертко, А.С. Семенюк // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. – 2018. – № 1. – С. 21–29.
4. Семенюк, А.С. Оценка экологического состояния территории города Молодечно с помощью ГИС-технологий / А.С. Семенюк, А.А. Карпиченко, Н.К. Чертко // Земля Беларуси. – 2018. – № 2. – С. 32–38.
5. Семенюк, А.С. Оценка благоустроенности проживания городского населения (на примере города Молодечно) / А.С. Семенюк // Вестн. Удмурт. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. – 2018. – Т. 28, вып. 4. – С. 473–485.

### *Материалы научных конференций*

6. Семенюк, А.С. Пространственный анализ функционального зонирования города Молодечно / А.С. Семенюк // Демографические риски XXI века (к Международному дню народонаселения) : материалы II Межвуз. студ. семинара, Минск, Беларусь, 14 мая 2015 г. / БГУ ; редкол.: Е.А. Антипова [и др.]. – Минск : БГУ, 2015. – С. 45–47.
7. Семенюк, А.С. Пространственный анализ территориальной структуры города Молодечно с помощью ГИС-технологий / А.С. Семенюк, Н.В. Клебанович // ГИС-технологии в науках о земле [Электронный ресурс] : материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Респ. Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2015, Минск, 18 ноября 2015 г. / редкол.: Д.М. Курлович [и др.]. – Минск : БГУ, 2015. – С. 9–17.
8. Семенюк, А.С. Создание ГИС города Молодечно и пространственный анализ его рельефа / А.С. Семенюк // Геология в развивающемся мире : сб. науч. тр. (по материалам IX Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и

молодых ученых), Пермь, 4–7 апреля 2016 г. : в 2 т. / редкол.: Р.Р. Гильмутдинов [и др.] ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2016. – Т. 2. – С. 539–543.

9. Семенюк, А.С. Пространственный анализ природных особенностей города Молодечно в среде ГИС / А.С. Семенюк // Географические исследования Евразии : история и современность : материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящ. 160-летию экспедиции П.П. Семенова на Тянь-Шань в рамках XII Большого географического фестиваля, Санкт-Петербург, 8–10 апреля 2016 г. / редкол.: С.С. Лачининский [и др.]. – М. : Изд-во «Перо», 2016. – С. 506–510.

10. Семенюк, А.С. Анализ географической доступности аптек города Молодечно / А.С. Семенюк // Демографические риски XXI века (к Международному дню народонаселения) : материалы III Межвуз. студ. конф. с междунар. участием, Минск, Беларусь, 13 мая 2016 г. / БГУ, геогр. фак. ; редкол.: Е.А. Антипова [и др.]. – Минск : Белсэнс, 2016. – С. 50–51.

11. Семенюк, А.С. Анализ градостроительных характеристик жилых кварталов города Молодечно с помощью ГИС-технологий / А.С. Семенюк // Геодезия, картография, кадастр, ГИС – проблемы и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф., Новополоцк, 9–10 июня 2016 г. : в 2 ч. / Полоц. гос. ун-т ; редкол.: Г.А. Шароглазова [и др.]. – Новополоцк : ПГУ, 2016. – Ч. 2. – С. 68–78.

12. Семенюк, А.С. Применение ГИС-технологий в оценке недвижимости (на примере Молодечно) / А.С. Семенюк // Международный конгресс по информатике : информационные системы и технологии = International Congress on Computer Science : Information Systems and Technologies [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч. конгресса, Респ. Беларусь, Минск, 24–27 окт. 2016 г. / редкол.: С.В. Абламейко [и др.]. – Минск : БГУ, 2016. – С. 389–394.

13. Семенюк, А.С. Использование ГИС-технологий в оценке географической доступности объектов социальной инфраструктуры города Молодечно / А.С. Семенюк, Н.В. Клебанович // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Респ. Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2016, Минск, 16 ноября 2016 г. / редкол.: Д.М. Курлович [и др.]. – Минск : БГУ, 2016. – С. 40–51.

14. Семенюк, А.С. Анализ географической доступности объектов медицинской инфраструктуры города Молодечно с помощью ГИС-технологий / А.С. Семенюк // Теория и практика современных географических исследований : материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящ. 220-летию выдающегося русского мореплавателя, географа,

вице-председателя Русского географического общества Ф.П. Литке в рамках XIII Большого географического фестиваля, Санкт-Петербург, 7–9 апреля 2017 г. / редкол.: А.И. Краснов [и др.]. – СПб : Свое изд-во, 2017. – С. 643–646.

15. Семенюк, А.С. Оценка экологического состояния почв города Молодечно / А.С. Семенюк // Геология в развивающемся мире : сб. науч. тр. (по материалам X Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых), Пермь, 18–21 апреля 2017 г. : в 2 т. / редкол.: Р.Р. Гильмутдинов [и др.] ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – Т. 2. – С. 313–315.

16. Семенюк, А.С. Оценка озелененности жилых зон города Молодечно в среде ГИС / А.С. Семенюк // Информационные технологии : теория, опыт, проблемы, перспективы : материалы II Респ. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Горки, 27–28 апреля 2017 г. / редкол.: В.Г. Ракутин [и др.]. – Горки : БГСХА, 2017. – С. 209–211.

17. Карпиченко, А.А. Накопление меди, свинца, никеля и хрома в почвах г. Молодечно / А.А. Карпиченко, Н.К. Чертко, А.С. Семенюк // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых : материалы междунар. науч. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения акад. К.И. Лукашёва, Минск, 23–25 мая 2017 г. / редкол.: А.Ф. Санько [и др.] : в 2 ч. – Минск : Право и экономика, 2017. – Ч. 2. – С. 79–81.

18. Дмитриева, Е.В. ГИС-анализ транспортной доступности объектов социальной инфраструктуры города Молодечно / Е.В. Дмитриева, И.Г. Игнатовская, А.С. Семенюк // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Респ. Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2017, Минск, 15 ноября 2017 г. / редкол.: Н.В. Жуковская [и др.]. – Минск : БГУ, 2017. – С. 62–64.

19. Чертко, Н.К. Экология почв урболандшафтов Беларуси / Н.К. Чертко, А.А. Карпиченко, А.С. Семенюк // Почвы в биосфере : материалы Всеросс. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 10–14 сентября 2018 г. / редкол.: А.И. Сысо [и др.]. – Томск : Изд. Дом Том. гос. ун-та, 2018. – Ч. I. – С. 446–449.

20. Карпиченко, А.А. Особенности накопления тяжелых металлов в верхнем горизонте почв г. Молодечно / А.А. Карпиченко, Н.К. Чертко, А.С. Семенюк // Почвы и земельные ресурсы : современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию кафедры почвоведения БГУ и 80-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, проф. В.С. Аношко, Минск, 20–23 сент. 2018 г. /

Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Д.М. Курлович [и др.]. – Минск : БГУ, 2018. – С. 310–315.

21. Семенюк, А.С. ГИС-анализ обеспеченности населения города Молодечно озелененными участками в жилой застройке / А.С. Семенюк // Информационные технологии : материалы 83-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 4–15 февраля 2019 года [Электронный ресурс] / редкол.: И.В. Войтов [и др.] ; УО БГТУ. – Минск : БГТУ, 2019. – С. 96–97.

22. Чертко, Н.К. Адаптация растительности к антропогенному воздействию / Н.К. Чертко, А.А. Карпиченко, А.С. Семенюк // Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения профессора А.Ф. Тимофеева, Киров, 26–27 февраля 2019 г. : в 2 ч. / редкол.: А.В. Семенов [и др.]. – Ч. 1. – Киров : Вятская ГСХА, 2019. – С. 136–142.

23. Семенюк, А.С. Анализ озелененности жилых зон города Молодечно с помощью ГИС-технологий / А.С. Семенюк // Теория и практика современных географических исследований : материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящ. 180-летию российского путешественника и натуралиста, исследователя Центральной Азии Н.М. Пржевальского в рамках XV Большого географического фестиваля, Санкт-Петербург, 5–7 апреля 2019 г. / редкол.: А.И. Краснов [и др.]. – М. : Изд-во «Каллиграф», 2019. – С. 709–712.

#### *Тезисы докладов*

24. Семенюк, А.С. Анализ структуры жилой застройки города Молодечно с помощью ГИС-технологий / А.С. Семенюк // Геодезия, картография, кадастр, ГИС – проблемы и перспективы развития : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Новополоцк, 9–10 июня 2016 г. / Полоц. гос. ун-т ; редкол.: Г.А. Шароглазова [и др.]. – Новополоцк : ПГУ, 2016. – С. 178–184.

## РЕЗЮМЕ

Семенюк Александр Сергеевич

### **Геоинформационное картографирование интегральной геосистемы города Молодечно для оценки благоустроенности городской среды**

*Ключевые слова:* муниципальная геоинформационная система (ГИС), база геоданных, пространственный анализ, автоматизированное картографирование, благоустроенность городской среды.

*Объект исследования:* интегральная геосистема г. Молодечно.

*Цель исследования:* картографирование и пространственный анализ элементов интегральной геосистемы г. Молодечно в ГИС и проведение на их основе оценки благоустроенности городской среды.

*Методы исследования:* геоинформационный, картографический, дистанционный, геохимический, классификация, экспертных оценок.

*Полученные результаты и их научная новизна:* впервые на основе созданной с помощью разработанной технологии автоматизации построения картографических слоев ГИС проведен анализ почвенно-геохимических показателей, жилой застройки и ее основных характеристик и временной доступности объектов социальной инфраструктуры г. Молодечно. Разработана методика оценки благоустроенности городской среды г. Молодечно, основанная на анализе экологического состояния территории, градостроительных характеристик кварталов жилой застройки и временной доступности объектов социальной инфраструктуры. Выявлены особенности пространственной дифференциации значений сводного индекса благоустроенности городской среды г. Молодечно. Разработаны предложения по совершенствованию территориальной организации г. Молодечно.

*Рекомендации по использованию:* результаты исследования рекомендуется использовать в деятельности органов государственного управления и муниципальных служб; для коррекции кадастровой стоимости земель города.

*Степень использования:* теоретические положения и практические результаты работы использованы в научной деятельности НИЛ экологии ландшафтов БГУ; в производственном процессе ГП «Национальное кадастровое агентство», УП «БЕЛНИИПГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА»; в учебном процессе факультета географии и геоинформатики БГУ.

*Область применения:* градостроительство, территориальное планирование и управление, оценка недвижимости, учебный процесс.

## РЭЗІЮМЭ

Семянюк Аляксандр Сяргеевіч

### **Геаінфармацыйнае картаграфаванне інтэгральнай геасістэмы горада Маладзечна для ацэнкі добраўпарадкаванасці гарадскога асяроддзя**

*Ключавыя словы:* муніцыпальная геаінфармацыйная сістэма (ГІС), база геаданых, прасторавы аналіз, аўтаматызаванае картаграфаванне, добраўпарадкаванасць гарадскога асяроддзя.

*Аб'ект даследавання:* інтэгральная геасістэма г. Маладзечна.

*Мэта работы:* картаграфаванне і прасторавы аналіз элементаў інтэгральнай геасістэмы г. Маладзечна ў ГІС і правядзенне на іх аснове ацэнкі добраўпарадкаванасці гарадскога асяроддзя.

*Метады даследавання:* геаінфармацыйны, картаграфічны, дыстанцыйны, геахімічны, класіфікацыя, экспертных ацэнак.

*Атрыманыя вынікі і іх навуковая навізна:* упершыню на аснове створанай пры дапамозе распрацаванай тэхналогіі аўтаматызацыі пабудовы картаграфічных слаёў ГІС праведзены аналіз глебава-геахімічных паказчыкаў, жылой забудовы і яе асноўных характарыстык і часовай даступнасці аб'ектаў сацыяльнай інфраструктуры г. Маладзечна. Распрацавана метадыка ацэнкі добраўпарадкаванасці гарадскога асяроддзя г. Маладзечна, заснаваная на аналізе экалагічнага стану тэрыторыі, горадабудаўнічых характарыстык кварталаў жылой забудовы і часовай даступнасці аб'ектаў сацыяльнай інфраструктуры. Выяўлены асаблівасці прасторавай дыферэнцыяцыі значэнняў зводнага індэкса добраўпарадкаванасці гарадскога асяроддзя г. Маладзечна. Распрацаваны прапановы па ўдасканаленні тэрытарыяльнай арганізацыі г. Маладзечна.

*Рэкамендацыі па выкарыстанні:* вынікі даследавання рэкамендуецца выкарыстоўваць у дзейнасці органаў дзяржаўнага кіравання і муніцыпальных службаў; для карэкцыі кадастравага кошту зямель горада.

*Ступень выкарыстання:* тэарэтычныя палажэнні і практычныя вынікі работы выкарыстаны ў навуковай дзейнасці НДЛ экалогіі ландшафтаў БДУ; у вытворчым працэсе ДП «Нацыянальнае кадастравае агенцтва», УП «БЕЛНДІПГОРАДАБУДАЎНІЦТВА»; у навучальным працэсе факультэта геаграфіі і геаінфарматыкі БДУ.

*Галіна прымянення:* горадабудаўніцтва, тэрытарыяльнае планаванне і кіраванне, ацэнка нерухомасці, навучальны працэс.



## SUMMARY

Semianiuk Aliaksandr

### **Geoinformation mapping of integral geosystem of Molodechno city for the assessment of livability of urban environment**

*Keywords:* municipal geographic information system (GIS), geodatabase, spatial analysis, automated mapping, livability of urban environment.

*Research object:* integral geosystem of Molodechno city.

*Research objective:* the mapping and spatial analysis of elements of integral geosystem of Molodechno city in GIS and based on them assessment of livability of urban environment.

*Research methods:* GIS, mapping, remote sensing, geochemical, classification, expert evaluation.

*Results and scientific novelty:* the analysis of soil-geochemical indicators, residential areas and their basic characteristic and temporary accessibility of public works of Molodechno city was first conducted on the basis of created with the help of developed technology of automation of building of cartographic layers GIS. The method of assessment of livability of urban environment of Molodechno city based on the analysis of ecological condition of area, town-planning characteristic of residential areas and temporary accessibility of public works was developed. Characteristics of spatial differentiation of values of composite index of livability of urban environment on the territory of Molodechno city were determined. Suggestions for perfection of territorial organization of Molodechno city were made.

*Recommendations for use:* results of research are recommended to use in the work of public administration and municipal services; for correction of cadastral value of city lands.

*Extent of use:* theoretical and practical results were used in the scientific activities by Research Laboratory of Landscape Ecology of BSU; in the production process by State Enterprise National Cadastral Agency; Belarusian State Research and Design Institute for Urban Planning BELNIIPGRADOSTROITELSTVA; in the educational process by the Faculty of Geography and Geoinformatics of BSU.

*Application fields:* urban planning, territorial planning and management, real estate appraisal, educational process.