



ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

**Материалы
республиканского научно-практического семинара
студентов и молодых ученых**

Минск, 15 ноября 2023 г.

Научное электронное издание

МИНСК, БГУ, 2023

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ
СНИЛ «ГИС-ЛАБОРАТОРИЯ»

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

**Материалы
республиканского научно-практического семинара
студентов и молодых ученых**

Минск, 15 ноября 2023 г.

Научное электронное издание

МИНСК, БГУ, 2023

ISBN 978-985- 881-567-7

© БГУ, 2023

УДК 91:004(06)+55:004(06)
ББК 26с51я431

Редакционная коллегия:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. Н. Червань* (гл. ред.);
кандидат географических наук *А. С. Семенюк*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *И. А. Ефимова*;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Н. В. Клебанович*;
кандидат географических наук, доцент *Н. В. Ковальчик*;
кандидат географических наук, доцент *Л. И. Смыкович*;
кандидат экономических наук, доцент *Д. А. Чиж*;
кандидат географических наук, доцент *А. А. Карпиченко*;
А. Л. Киндеев; А. А. Сазонов

Рецензенты:

кандидат географических наук, доцент *А. П. Безручёнок*;
кандидат географических наук, доцент *А. Е. Яротов*

ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы
респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 15 нояб.
2023 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: *А. Н. Червань* (гл. ред.) [и др.]. – Минск :
БГУ, 2023. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-985-811-567-7.

Приведены научные работы, представленные на конкурс ГИС-проектов студентов и аспирантов учреждений высшего образования Республики Беларусь в рамках празднования международного Дня ГИС-2023 на факультете географии и геоинформатики Белорусского государственного университета.

Минимальные системные требования:

PC, Pentium 4 или выше; RAM 1 Гб; Windows XP/7/10/11;
Adobe Acrobat

Оригинал-макет подготовлен в программе Microsoft Word

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *А. А. Сазонов*

Подписано к использованию 18.12.2023. Объем 20,2 МБ

Белорусский государственный университет.
Управление редакционно-издательской работы.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.
Телефон: (017) 259-70-70
email: urir@bsu.by
<http://elib.bsu.by>

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I. ГИС В НАУЧНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ..... 9

Сазонов А. А. Семинар «ГИС-технологии в науках о земле»: история, перспективы и результаты в 2023 г. 9

Logvinov I. A., Boriskin A. D., Lundin V. S. A housing construction as the factor in transformation of urban space in Saint Petersburg 15

Коробейникова А. Е. Использование информационных технологий и ГИС-анализа при оценке связности объектов культурно-общественного каркаса городов со сложными климатическими условиями 21

Белоруссова С. Ю., Сюзюмов А. А. Опыт применения инструментов геоинформационного картографирования в исследованиях киберэтничности коренных малочисленных народов России 24

Беркутова А. Д. Создание ГИС «Памятники истории и культуры Северо-Западного федерального округа»..... 30

Богданов А. О. Использование ГИС AlpineQuest в военных целях на примере целеуказания по позициям вероятного противника 40

Алисиевич С. В., Ковальчик Н. В., Овчарова Е. П.
Гидрологическое моделирование в ГИС для выявления трансформации пространственной структуры естественных водосборов на территории г. Минска 48

Гуринович Е. А., Курлович Д. М. Усовершенствование фотограмметрических моделей на примере городских территорий 56

Гутько Ф. С., Киндеев А. Л. Геостатистический анализ кислотности почвы с учетом экономических издержек при точном земледелии 61

Десюкевич З. А., Пашкевич А. В., Гуцаки М. А. Создание трехмерной модели населенного пункта по данным БЛА 65

Жун С., Шестаков Н. А. Мониторинг качества воды в озере Тайху по данным китайского спутника дистанционного зондирования Земли HJ-В1 72

Захарова И. С., Дружнова М. П. Значение ГИС-технологии в моделировании ландшафта 80

<i>Игнатчук А. А., Нестерович А. В., Токарчук С. М.</i> Применение веб-приложений ArcGIS Online для создания карты гостя парка культуры и отдыха города Бреста.....	84
<i>Кислицын Д. А.</i> Сравнительный анализ структуры почвенно-растительного покрова Новогрудской и Оршанской возвышенностей	92
<i>Романова Е. С., Уленгов Р. А.</i> ГИС-технологии как инновационное средство визуализации пространственных данных в географическом образовании.....	97
<i>Игнатчук А. А., Бельюк А. О., Чмель Е. И., Токарчук О. В.</i> Разработка информационно-справочной системы «Ментальный образ Бреста: экологическое состояние города».....	103
<i>Игнатчук А. А., Токарчук О. В.</i> Разработка и создание электронных атласов средствами ArcGIS StoryMaps (на примере атласов качества поверхностных вод города Бреста)	112
<i>Сорочинский Д. В., Кафтанчикова А. Б.</i> Обработка геодезических данных в ГИС Панорама	120
<i>Филиппова В. Е., Дружнова М. П.</i> Возможности ГИС-технологий ...	124
<i>Фруль Е. С., Киндеев А. Л.</i> Получение данных о рельефе земной поверхности с помощью ДДЗ	128
<i>Цибульский Е. А., Иванись В. В., Полячок Д. С., Токарчук С. М.</i> ГИС-проект «Города Беларуси на карте с интерактивной легендой»	135
<i>Кравченко В. В., Кафтанчикова А. Б.</i> Автоматическая генерализация рельефа.....	142
<i>Сазонов А. А., Курлович П. С., Князев И. С., Вашанов А. Н.</i> Моделирование рельефа по данным воздушного лазерного сканирования на примере острова Выспа	145
<i>Воробей М. В., Михасько Д. С., Киндеев А. Л.</i> Геостатистический анализ кислотности пахотного почвенного покрова	155
<i>Жуховцова А. Н., Ковальчик Н. В.</i> Инновационные подходы к учету факторов окружающей среды при проведении кадастровой оценки городских населенных пунктов (на примере г. Минска)	158
<i>Зиновик Ю. В., Сазонов А. А.</i> Оценка рекреационного потенциала городов Беларуси методами кластерного анализа	164

<i>Каган М. Б., Тасенко Д. С. Оценка динамики светового загрязнения городов-курортов Кавказских Минеральных Вод (2012–2022 гг.) с применением данных дистанционного зондирования</i>	<i>170</i>
<i>Колесникова В. А., Дружнова М. П. Использование ГИС в сельском хозяйстве</i>	<i>178</i>
<i>Курочко П. И., Топаз А. А. Формирование Terrain-модели рельефа Могилёвской области</i>	<i>183</i>
<i>Лутохина Е. Ю., Кузьмин С. И. ГИС-картографирование видов земель по архивным картографическим материалам.....</i>	<i>188</i>
<i>Метлицкий И. В., Киндеев А. Л. ГИС-анализ экологического состояния урболандшафтов г. Жабинки</i>	<i>194</i>
<i>Михайлов С. С., Чиж Д. А. Определение неэффективно используемых земельных участков в сельских населенных пунктах Витебского района.....</i>	<i>203</i>
<i>Могилевчик К. Н. Платформы для сбора данных в QGIS – Qfield и Mergin Maps</i>	<i>207</i>
<i>Поливач К. А., Цибульский Е. А., Шилкина У. Д., Токарчук С. М. Создание веб-карты с использованием базы данных Excel (на примере ГИС-картографирования историко-культурных ценностей городов).....</i>	<i>212</i>
<i>Рауш А. А., Сазонов А. А. ГИС-картографирование вернакулярных районов г. Витебска</i>	<i>219</i>
<i>Третьак А. В., Жумарь П. В. Разновременный анализ ортофотопланов участка Узденского района в 2022 г. и 2018 г.</i>	<i>227</i>
<i>Хрипунова З. И., Токарчук С. М. Применение ГИС-технологий для изучения сети пиццерий (на примере центральной части города Бреста).....</i>	<i>230</i>
<i>Цибульский Е. А., Токарчук С. М. Концепция создания туристского мобильного приложения по городам «URBAN TOUR»</i>	<i>236</i>
<i>Шамак А. В., Чиж Д. А. Использование ГИС для анализа доступности кикшеринга в г. Минске</i>	<i>242</i>
<i>Сазонов А. А., Киндеев А. Л., Богадевич А. П., Фруль Е. С. Использование газоанализатора Sniffer4D V2.0 для оценки качества воздуха внутреннего двора Белорусского государственного университета</i>	<i>248</i>

<i>Давидович Ю. С., Фруль Е. С., Червань А. Н., Сипач В. А.</i> Автоматизированное дешифрирование природных и антропогенных объектов по материалам радиолокационной съемки	255
---	-----

РАЗДЕЛ II. ГИС В УПРАВЛЕНИИ ООПТ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ..... 262

<i>Бируков М. В., Шлендер Т. В.</i> Оценка атмосферного загрязнения города Минска диоксидом азота с использованием данных спутника Sentinel 5P	262
--	-----

<i>Грищенко М. Ю., Алавердова А. А., Разарёнова А. Д., Шишов А. А., Казаков И. В.</i> Комплексное гидрологическое обследование озера Глухое – типичного лесного озера острова Кунашир (Курильские острова)	270
--	-----

<i>Грищенко М. Ю., Мурман А. С., Терехова Д. А., Тамаровский И. Е., Шелуха В. В.</i> Сопоставление природных условий Тятинского и Алёхинского участков заповедника «Курильский» на примере ключевых территорий.....	274
---	-----

<i>Карпачев А. П., Пригоряну О. М., Квашина А. Е., Владимирова Н. А.</i> Проведение лесного дешифрирования данных космической съемки в Semi-Automatic Classification (SCP) Plugin для QGIS на примере лесных массивов, расположенных на территориях ООПТ Российской Федерации	278
--	-----

<i>Кононова А. Ю., Кутляров А. Н.</i> Использование возможностей ГИС-технологий при лесовосстановлении на биологическом этапе рекультивации нарушенных земель.....	284
--	-----

<i>Ларионов А. М., Смыкович Л. И.</i> Оценка загрязнения почв и качества атмосферного воздуха с применением ГИС-анализа в границах города Минска	292
--	-----

<i>Лис К. Я., Топаз А. А.</i> Выявление и картографирование последствий лесных пожаров по данным дистанционного зондирования Земли	300
--	-----

<i>Масютина Ю. А.</i> К вопросу об определении пирогенно- нарушенных лесных ландшафтов дистанционными методами	306
---	-----

<i>Миронов Д. Д., Физер К. А., Багаутдинов Д. Р.</i> Оценка обеспеченности г. Казань парковыми зонами при помощи геоинформационных технологий.....	312
--	-----

<i>Огурцов С. С.</i> Опыт и возможности использования системы «NextGIS Заповедник» в Центрально-Лесном заповеднике.....	320
<i>Поливаная Е. Л., Полюхович А. Н.</i> Реализация практических заданий в ГИС-практикуме по охране окружающей среды	325
<i>Полюхович А. Н.</i> Перспективные Рамсарские территории Беларуси	328
<i>Пухальская А. М., Киндеев А. Л.</i> Сравнительный ГИС-анализ изменения факторов очистки склонового стока в водоохранных зонах рек Ошмянского района после изменения Водного кодекса Республики Беларусь 2014 г.	331
<i>Рыжков О. В.</i> О некоторых преимуществах обработки геопространственных данных ООПТ в отечественных геоинформационных системах.....	337
<i>Сидорович А. А., Даглис В. Ю., Максимов М. М.</i> Анализ проницаемости среды обитания модельных видов (бурый медведь, рысь европейская, барсук обыкновенный) на территории Белорусского Поозерья.....	346
<i>Чернышева М. А.</i> Опыт внедрения геоинформационного картографирования и веб-технологий в природоохранную деятельность	352
<i>Шкадун В. В., Угоренко Д. В., Киндеев А. Л.</i> Оценка засоления почв Солигорского горно-промышленного района	356
<i>Шугаипова Л. Р., Серова О. В., Ушаридзе А. С.</i> Перспективы использования ГИС-систем в экологическом мониторинге растительного покрова	362
<i>Ярош Е. А., Шлендер Т. В., Силков П. А.</i> Определение острова тепла г. Минска по инструментальным данным с помощью ГИС-методов и статистики	367
<i>Алексеева И. Е., Бессонова А. М.</i> Закономерности распространения нефтепродуктов в почвах объекта нефтепромысла мыса Казантип Республики Крым	375
<i>Хохряков В. Р.</i> Определение основных параметров озерных котловин озер национального парка «Себежский» с использованием программных средств ГИС.....	377
<i>Чжао Б.</i> Классификация культур на основе снимков Sentinel-2 с использованием SVM	381

<i>Михасько Д. С., Воробей М. В., Киндеев А. Л.</i> Пространственная корреляция морфометрических характеристик рельефа и влажности почв при помощи методов геостатистического анализа ..	388
<i>Ледян И. А., Рауш А. А., Сазонов А. А.</i> Оценка городской мобильности по данным спортивных трекеров (на примере зеленых зон Минска)	391
РАЗДЕЛ III. ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ.....	398
<i>Архипова Н. В., Киндеев А. Л.</i> ГИС-анализ структуры растительного покрова Свислочского лесничества ГПУ «Национальный парк «Беловежская пуща»	398
<i>Буракова Д. А., Есипович А. Н., Шалковская И. А.</i> Оценка доступности историко-культурных объектов Мядельского района с помощью ГИС-технологий.....	399
<i>Гончарова А. Е., Король Д. В.</i> Природное наследие Мядельского района как основа развития туризма.....	400
<i>Казаченко С. А., Киндеев А. Л.</i> Различия почвенно-типологических групп и классификации почв Беларуси	401
<i>Ковалев И. В.</i> Опыт применения NextGIS Web в деятельности особо охраняемых природных территорий	402
<i>Князев И. С.</i> Анализ структуры земель национального парка “Нарочанский” с помощью автоматизированного дешифрирования	403

РАЗДЕЛ I

ГИС В НАУЧНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

СЕМИНАР «ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ»: ИСТОРИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ В 2023 Г.

А. А. Сазонов

*Белорусский государственный университет, Минск, пр. Независимости, 4, 2203030,
Беларусь, email: alexey.szonov@gmail.com;*

Семинар «ГИС-технологии в науках о Земле» проводится с 2011 г. под эгидой СНИЛ «ГИС-лаборатория» и посвящен празднованию Международного дня ГИС. За годы проведения его участниками стали более 350 студентов вузов Беларуси, России, Украины и других стран. Подводятся итоги семинара за более чем десятилетнюю историю.

***Ключевые слова:** день ГИС, геоинформационные системы, геоинформатика, Белорусский государственный университет*

«GIS TECHNOLOGY IN GEOSCIENCES»: HISTORY, PROSPECTS AND RESULTS IN 2023

A. A. Sazonau

*Belarusian State University, Minsk, Nezavisimosti Ave., 4, 2203030, Belarus, email:
alexey.szonov@gmail.com;*

The seminar «GIS Technologies in Geosciences» has been held since 2011 under the auspices of the SNIL «GIS Laboratory» and is dedicated to the celebration of International GIS Day. Over the years, more than 350 students from universities in Belarus, Russia, Ukraine and other countries have become its participants.

***Keywords:** GIS day, geographic information systems, geoinformatics, Belarusian State University*

Международный день географических информационных систем (День ГИС) с 1999 года празднуется ежегодно в среду третьей недели ноября, по инициативе компании Esri (США). Традиционно в этот день по всему миру проводятся конференции, семинары, лекции по геоинформатике и смежным технологиям (рис. 1).

Мероприятия, посвященные Дню ГИС в БГУ, организуются членами студенческой научно-исследовательской лаборатории (СНИЛ) «ГИС-лаборатория» с начала 2000-х годов (рис. 2).

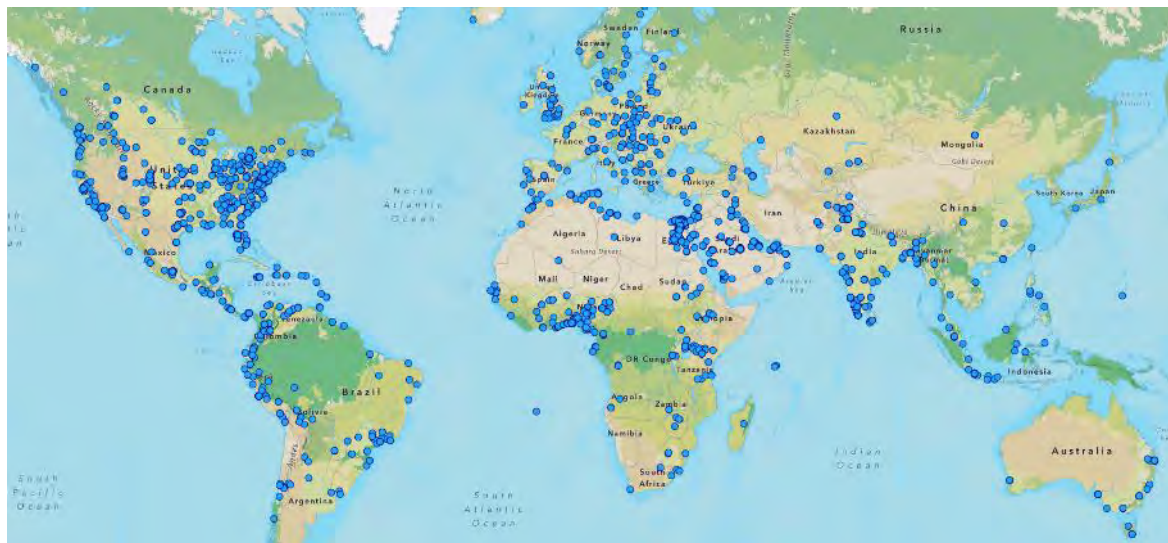


Рис. 1. География празднования Международного дня ГИС в 2023 г.

СНИЛ «ГИС-лаборатория» основана в 2002 г. под научным руководством доцента кафедры почвоведения и геологии Л.В. Гурьяновой. В 2009-2023 гг. СНИЛ руководили доц. Д.М. Курлович, доц. Н.В. Жуковская. С 2023 г. работой СНИЛ руководит доц. А.С. Семенюк. За свою историю студенческая лаборатория неоднократно занимала призовые места в ежегодном конкурсе СНИЛ БГУ (2014-2017 гг.), получала поощрения специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов.

Ежегодно СНИЛ организует ряд мероприятий, направленных на популяризацию использования геоинформационных систем не только в науках о Земле, но и в смежных областях знаний, стимулирование междисциплинарных исследований. Наиболее значимые мероприятия:

- республиканский семинар «ГИС-технологии в науках о земле»;
- семинар «Сучасны стан і перспектывы развіцця геаінфармацыйных сістэм у Беларусі»;
- ежегодные полевые выезды для проведения наблюдений, отбора проб и других работ.

Республиканский научно-практический семинар студентов и молодых ученых (с международным участием) «ГИС-технологии в науках о земле» проходит с 2011 г. За 13 лет проведения семинара его участниками стали более чем 350 студентов, молодых ученых, а также учащиеся школ и гимназий. Ежегодно в семинаре участвуют студенты БГУ, БрГУ, ПГУ,

БГСХА, других вузов страны, а также студенты вузов России, Казахстана. Формат Дня ГИС заключался в представлении ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь и встрече студентов с ведущими ГИС-специалистами нашей страны. В рамках семинара проводится конкурс ГИС-проектов студенты вузов Беларуси, лауреаты определяются в 2-3 номинациях.



Рис. 2. День ГИС в БГУ, 2005 г.

Спикерами семинара и членами жюри конкурса традиционно выступают не только преподаватели БГУ, но и специалисты ГУП «Национальное кадастровое агентство», УП «Проектный институт Белгипрозем», ГП «БелПСХАГИ», НИ РУП «Геоинформационные системы», РУП «Белдорцентр», РУП «Белкартография», РУП «Белгеодезия», ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», ГПУ «Национальный парк «Нарочанский», КУП «Минскводоканал», других государственных предприятий, Белорусского географического общества, а также представители крупных республиканских и международных компаний – ООО «Технологии земледелия», группы компаний «Международный деловой альянс», ООО «Компания «КРЕДО-ДИАЛОГ», международной картографической

компании «Сервис 2ГИС», ESRI, SoftLine, HERE, OneSoil, Kontur, SuperMap Software Co., ЗАО «Intransitions» и других [1-12].

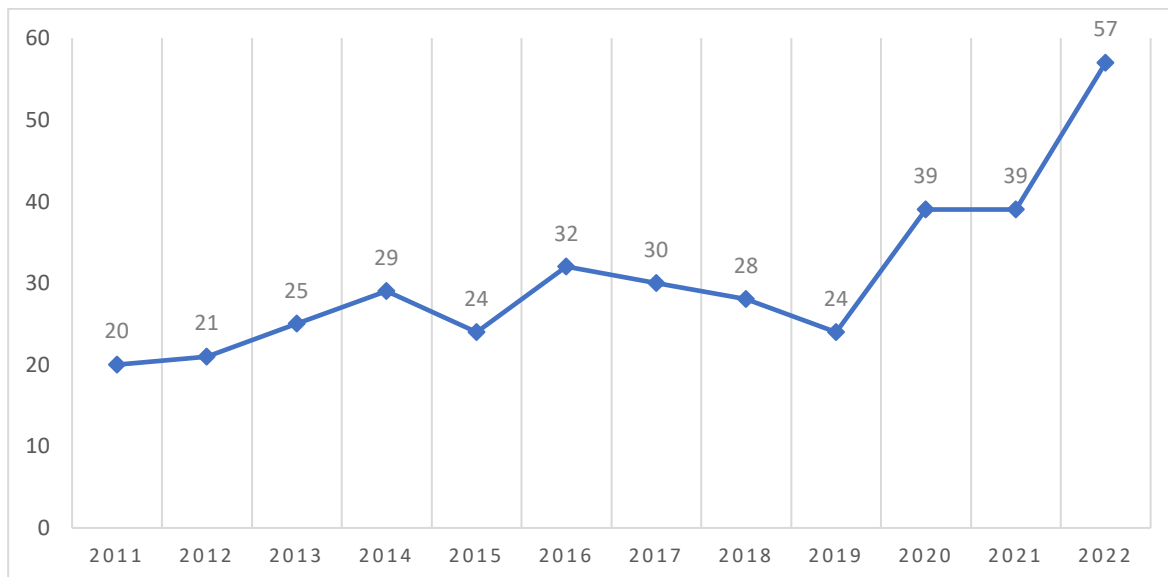


Рис. 3. Динамика количества опубликованных материалов в сборнике семинара

В 2023 г. семинар прошел 15 ноября, при поддержке группы компаний «Международный деловой альянс» (рис. 4).



Рис. 4. День ГИС в БГУ, 2023 г.

В рамках семинара на традиционном конкурсе студенческих ГИС-проектов были представлены результаты оригинальных научных исследований студентов и магистрантов из БГУ, БрГУ, СПбГУ. Дипломы I степени получили студентка 3 курса Пухальская Ангелина (проект «Сравнительный ГИС-анализ изменения эффекта очистки склонового стока в водоохраных зонах рек Вилейского гидрологического района после корректировки водоохраных зон и прибрежных полос с учетом изменения водного кодекса 2014 гг. Республики Беларусь»), а также студенты 2 курса Ледян Иван и Рауш Артем с проектом «Оценка городской мобильности по данным спортивных трекеров и сервиса STRAVA» (БГУ).

Дипломы II степени получили студенты 4 курса Фруль Евгений, Гутько Филипп и Метлицкий Илья, студентка 3 курса Лутохина Елизавета (БГУ), а также Сюзюмов Арсений (СПбГУ).

Дипломы III степени получили магистрантка Жуховцова Анастасия (БГУ), студентка БрГУ имени А.С. Пушкина Полячок Дарья и учащаяся гимназии г. Минска Поливаная Вера. Кроме того, лицензиями ArcGIS были награждены студенты Ларионов Артур, Ледян Иван и Рауш Артем, ценными подарками от группы компаний «Международный деловой альянс» были награждены Пухальская Ангелина, Фруль Евгений, Поливаная Вера, Лутохина Елизавета и Сюзюмов Арсений.

В качестве приглашенных экспертов и членов жюри конкурса ГИС-проектов выступили специалист по ГИС Каменев Дмитрий (ГП «БелПСАГИ»), специалисты группы компаний «Международный деловой альянс» Пенкрат Игорь и Милешко Александра, главный инженер ООО «ЭнергоМетСистем» Штакал Константин, специалисты Национального кадастрового агентства Александр Кухарчик и Антон Горанков.

В 2024 г. семинар «ГИС-технологии в науках о Земле» приобретет статус международного, что позволит расширить географию участников, повысить уровень мероприятия.

Библиографические ссылки

1. Курлович Д. М. Международный день ГИС 2011 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле: материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов ВУЗов Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2011, Минск, 16 ноября 2011 г. / редкол.: Д. М. Курлович (отв. ред.) [и др.]. Минск: БГУ, 2012. С. 3-4.

2. Курлович Д. М. Международный день ГИС 2012 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов ВУЗов Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2012, Минск, 14 ноябр. 2012 г. / редкол. : Д. М. Курлович (отв. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2012. С. 3-4.

3. Курлович Д. М. Международный день ГИС 2013 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс]: материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов ВУЗов Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2013, Минск, 20 ноябр. 2013 г. / редкол.: Д. М. Курлович (отв. ред.) [и др.]; Белорусский государственный университет. Электрон. текстовые дан. Минск: БГУ, 2013. С. 3-4.

4. Курлович Д. М. Международный день ГИС 2014 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс]: материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов ВУЗов Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2014, Минск, 19 ноябр. 2014 г. / редкол.: Д. М. Курлович (отв. ред.) [и др.]. Минск: БГУ, 2014. С. 3-4.

5. Курлович Д. М. Международный день ГИС 2015 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2015, Минск, 18 ноябр. 2015 г. / редкол. : Д. М. Курлович (отв. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2015. С. 3-4.

6. Курлович Д. М. Международный день ГИС 2016 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле: материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2016, Минск, 16 ноябр. 2016 г. / редкол.: Д. М. Курлович (отв. ред.) [и др.]. Минск: БГУ, 2016. С. 3-4.

7. Жуковская Н. В. Международный день ГИС 2017 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс]: материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2017, Минск, 15 ноябр. 2017 г. / редкол. : Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. Минск: БГУ, 2017. С. 3-4.

8. Жуковская Н. В. Международный день ГИС-2018 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 14 нояб. 2018 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2018. С. 3-5.

9. Жуковская Н. В. Международный день ГИС 2019 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 13 нояб. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2019. С. 5-6.

10. Жуковская Н. В. Международный день ГИС 2020 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 18 нояб. 2020 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Жуковская (гл. ред.), О. М. Ковалевская. Минск : БГУ, 2020. С. 7-8.

11. Жуковская Н. В. Международный день ГИС 2021 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 17 нояб. 2021 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Жуковская (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2021. С. 7-9.

12. Сазонов А. А. Международный день ГИС 2022 в БГУ // ГИС-технологии в науках о Земле : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 16 нояб. 2022 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. А. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2022. С. 8-10.

A HOUSING CONSTRUCTION AS THE FACTOR IN TRANSFORMATION OF URBAN SPACE IN SAINT PETERSBURG

I. A. Logvinov, A. D. Boriskin, V. S. Lundin

*Saint Petersburg State University, 7-9 Universitetskaya Embankment,
St Petersburg, Russia, 199034, spbu@spbu.ru*

The main topic of this work is exploring linkage between housing construction and transformation of urban space. For this we will identify and adapt the most representative methodology to study the relationship of residential construction and retail, including information availability, analyze major spatial and temporal changes in residential development and retail, visualize the results of the analysis. Received information, that housing construction increase the quantity, but don't improve diversity of retail.

Keywords: spatial analysis; retail; housing construction; urban space; GIS.

Research methodology and initial data: Urban environment is a composite object. One of the elements of the urban environment is urban retail, which fulfills the following functions in the urban "fabric": a place of economic activity; the "third" place of the citizens; improving the quality and diversity of life of the citizens.

Despite the huge arsenal of city directories with information about retail, not all of them are available for data uploading: more and more often complex web code is used that does not allow uploading the information displayed on the map, for example, as in Yandex [8] or "2GIS" [5]. One way to solve this is parsers that mimic the user and allow to automatically navigate between retail objects and collect information about them. In particular, this is possible in the 2GIS directory, where the query results display all objects in a list of 6 (e.g., 1821 objects for the query "restaurant" in St. Petersburg) and can be aggregated using a publicly available parser [4]. To collect the necessary objects, it is possible to apply selection by heading, and screening of duplicated objects can be done by Id in the 2GIS system (unique identifier). Data localization in GIS (transformation of data into spatial data) can be done through the available coordinates of each object. As an example, let's consider a card of one of the companies, the data about which is extracted with the help of a parser (Fig. 1). Accordingly, this is how the data on retail facilities for 2022 was collected. The situation with retrospective data is more complicated. Reference books nowadays more and more often provide data on the situation at a particular point in time, i.e. they are constantly updated.

Data processing (calculation of the Shenon diversity index and normalization by the Minimax formula) and their visualization were carried out through the open source software QGIS [6].

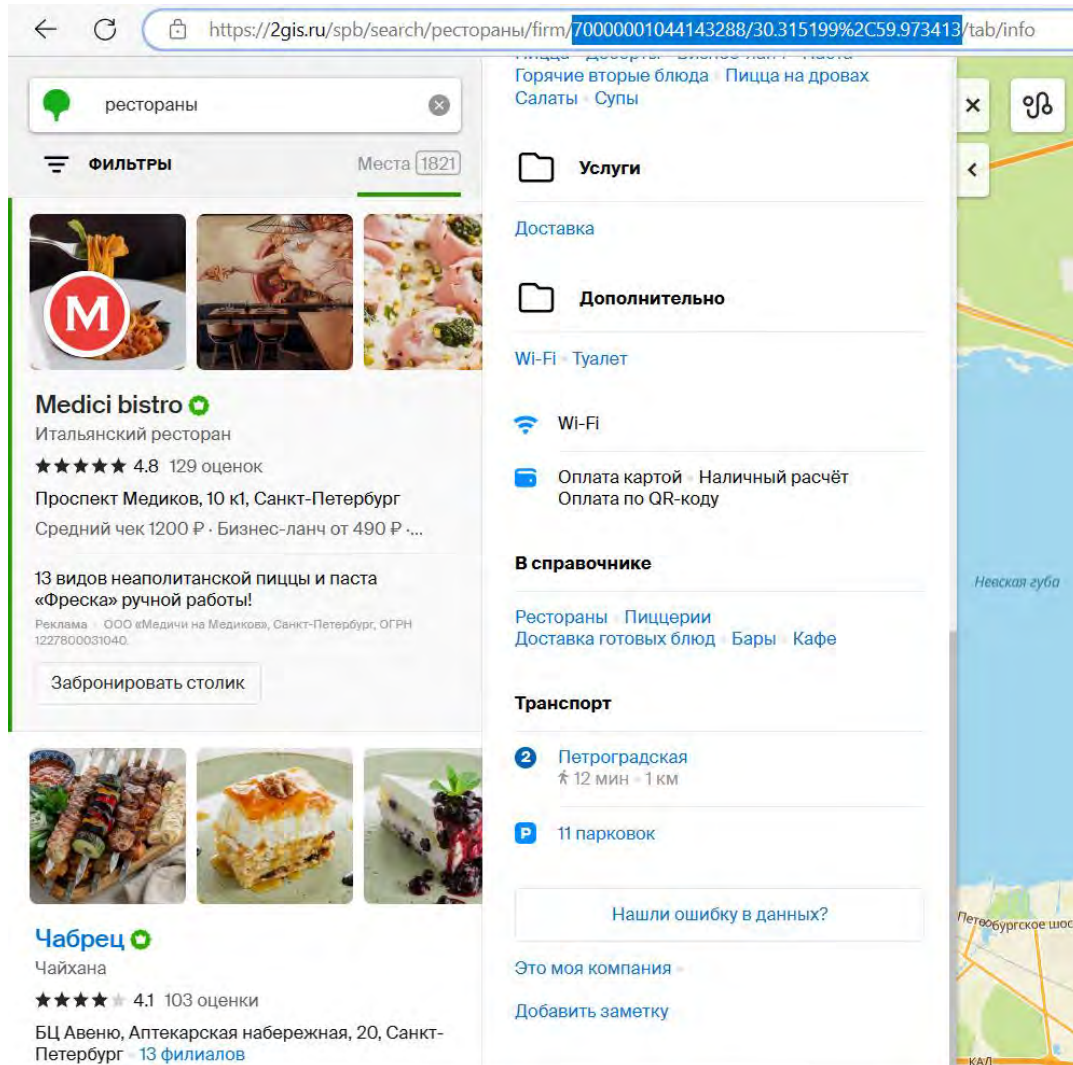


Fig. 1. Example of a card of a retail object from which data was collected: in the address line the Id of the object (70000001044143288), its geographical coordinates (/30.315199%2C59.973413) are highlighted, and at the bottom in the column "In the directory" - the headings to which it belongs, the first of which "Restaurants" corresponds to the highest match, compiled by the author according to [5]

Diversity of retail in urban neighborhoods: The situation of the emerging urban environment changes from one neighborhood with new housing to another. In order to consider local differences, neighborhoods with new buildings were identified. This was done on the basis of data from the Housing Reform website as follows: on the basis of heat maps of new housing and information on the year of construction of houses, we identified areas limited by the street and road network (without yard passages), in which all houses have a year of

construction younger than 2005. Accordingly, the number of retail facilities and the Shenon index were calculated for these neighborhoods (Figure 2).

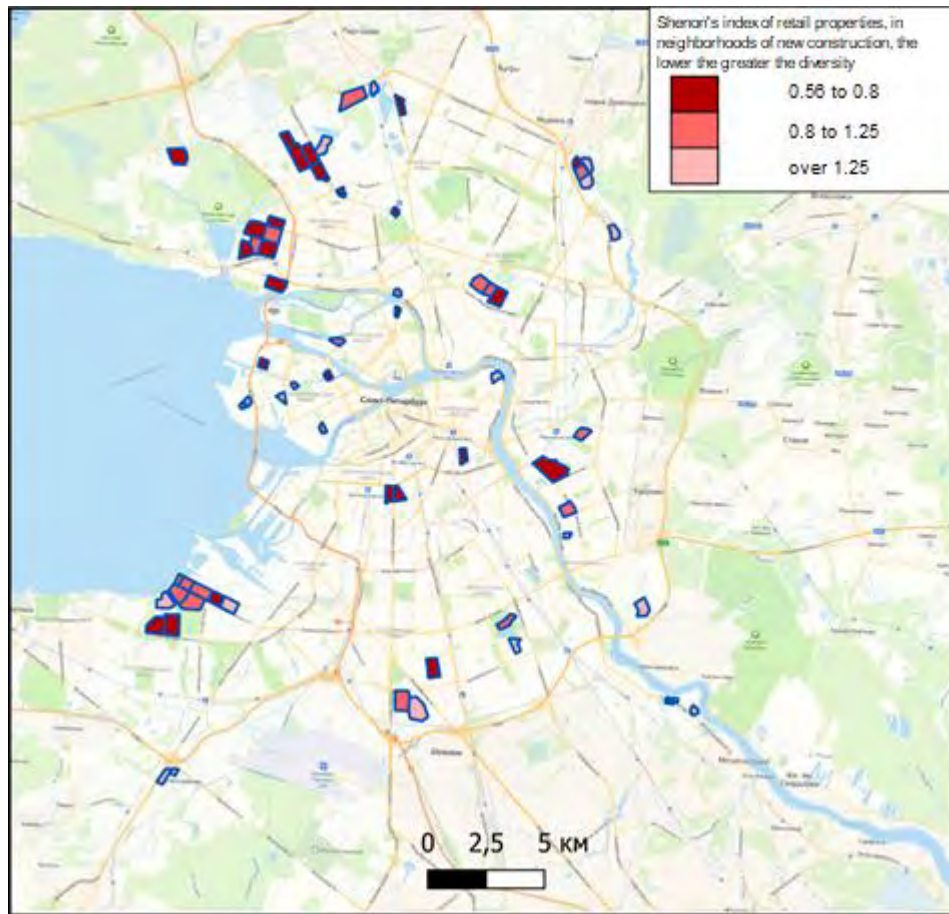


Fig. 2. Spatial structure of the Shenon index of retail facilities for 2022 by neighborhoods of new buildings, compiled by the author according to [5], [7]

The situation by neighborhoods is indeed heterogeneous: the coefficient of variation of neighborhoods according to the Shenon index is 38%, which indicates the heterogeneity of the population. The most diverse neighborhoods are those associated with the Baltiyskaya Zhemchuzhina development project, as well as micro-districts near Begovaya metro station. Neighborhoods with relatively low diversity are mostly confined to gray belt areas (e.g. Leontievsky cape on Petrogradskaya side and Sinopskaya naberezhnaya as high comfort housing, where the population is characterized by increased mobility) and small neighborhoods of peripheral development, mainly in the South-East (Zvezdnaya) and North-East (Ruchiye). There are some exceptions, such as Tsarskaya Stolitsa Residential Complex behind Moskovsky Railway Station or new housing near the former Varshavsky Railway Station. Overall, only 20 residential neighborhoods had a level of diversity higher than the St. Petersburg

average (0.73). Only Morskoy Kaskad (North-West) and Tsarskaya Stolitsa (Tsarskaya Stolitsa) had a higher diversity level than in St. Petersburg.

The following neighborhoods are the most representative examples (Fig. 3).

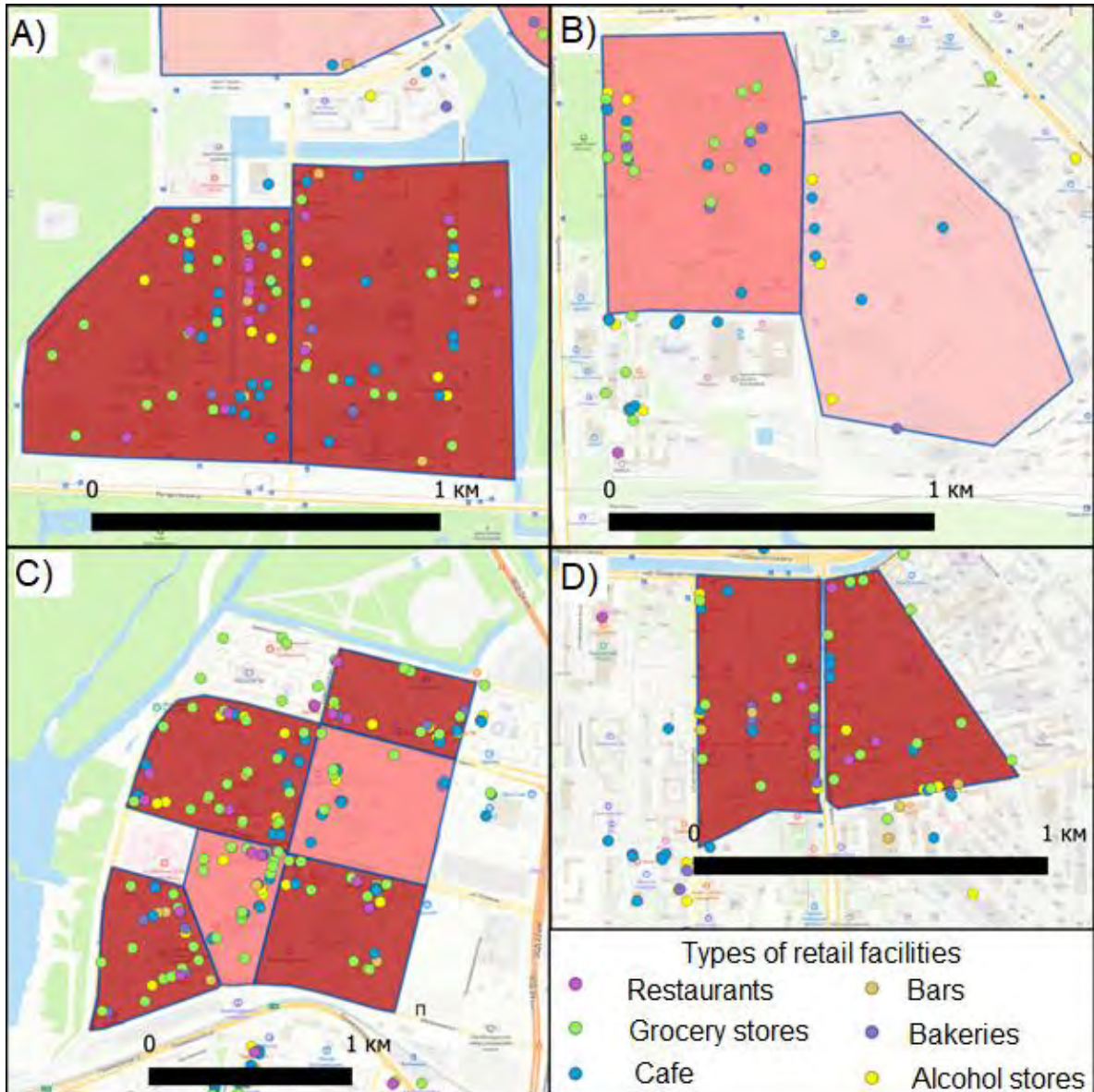


Fig. 3. Examples of typical neighborhoods of new residential development, blocks of Baltiyskaya Zhemchuzhina (A), near Zvyozdnaya metro station (B), behind Primorsky Shosse (C) and near Varshavsky Railway Station (D), compiled by the author according to [5], [7].

High diversity indicators in Baltiyskaya Zhemchuzhina are associated with the complexity of the development of the area: the presence of shopping centers of different levels of hierarchy, a variety of commercial real estate [3], as well as a relatively developed morphological structure, expressed in different storeys

and a relatively developed street and road network. The antonym is the development of the area near the metro station Zvezdnaya south of Dunayskiy Avenue (B). With a comparable area (about 250 ha), on the territory the variety of retail facilities is limited to grocery stores, cafes and alkomarkets. At the same time, the density of facilities is lower. The area generally lacks a comprehensive approach as redevelopment of vacated land plots has taken place at different times. There is no large, neighborhood-forming retail facility in the designated area. Similar to Baltiyskaya Zhemchuzhina is the development of the territories behind Primorsky Highway (C). The territory was systematically developed by developers, which resulted in the formation of a developed urban morphology. An interesting variant of the Grey Belt redevelopment is the territory near Varshavsky Railway Station (D). It is important to note that the Grey Belt in terms of new housing is generally characterized by the fact that it is designed for at least middle class+ and high class, i.e. a population with relatively high purchasing power. This zone also includes a metro station, which further enhances the commercial attractiveness of the area.

Based on the analysis of the cases, we can conclude that residential construction in general leads only to an increase in the number of retail facilities, but not their quality, expressed by diversity. However, there are a number of territory development projects characterized by complexity and, accordingly, leading to the transformation of the urban environment of the city as a whole.

The importance of integrated territory development is obvious. The construction of new housing to accommodate the growing population is an important aspect of urban development. Integrated development of territories allows not only to meet the demand for housing, but also to improve the well-being of citizens due to the developed urban environment. The diversity of urban environment increases the agglomeration effect of cities [1], and also corresponds to social approaches to urban planning [2]. Given these effects, the city authorities and developers should make the integrated development of territories in new housing construction a priority to ensure the sustainable development of St. Petersburg, in particular, having the opportunity to replicate the most successful practices, such as Baltic Pearl or the neighborhoods behind Primorsky Highway.

References

1. *Fujita M., Krugman P. R., Venables A.* The spatial economy: Cities, regions, and international trade. – MIT press, 1999. - 351 p.
2. *Jacobs, J.* Death and Life of Great American Cities. 1961. P. 474.
3. About the Baltic Pearl Project [Electronic resource] URL: <https://bpearl.net/o-proekte/#> (date of access: 09.11.2023).

4. GitHub: 2GIS site parser for collecting addresses and contacts of enterprises in Russia and CIS countries [Electronic resource] URL: <https://github.com/interlark/parser-2gis> (date of access: 09.11.2023).
5. Map of St. Petersburg: streets, houses and organizations of the city - 2GIS [Electronic resource] URL: <https://2gis.ru/spb> (date of access: 09.11.2023).
6. QGIS - Free cross-platform geographic information system [Electronic resource] URL: <https://qgis.org/ru/site/> (date of access: 09.11.2023).
7. Territorial Development Fund, open data [Electronic resource] URL: <https://xn--80aq1a.xn--p1aee.xn--p1ai/opendata?gid=2276347&page=1&pageSize=60> (date of access: 09.11.2023).
8. Yandex.Maps [Electronic resource] URL: <https://yandex.ru/maps/2/saint-petersburg> (date of access: 09.11.2023).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ГИС-АНАЛИЗА ПРИ ОЦЕНКЕ СВЯЗНОСТИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНО-ОБЩЕСТВЕННОГО КАРКАСА ГОРОДОВ СО СЛОЖНЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

А. Е. Коробейникова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия, anna-chega@mail.ru

Градостроительное развитие городов со сложным климатом одна из важнейших задач для современного градостроителя. К подобным территориям относятся города Арктики, Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири. Низкие температуры, осадки, высокие скорости ветра, а также особенностями светового дня и полярной ночи – все эти факторы могут существенно снизить комфортность пребывания на открытом воздухе и, как следствие, уменьшить разнообразие видов отдыха на природе как для жителей городов со сложным климатом, так и для туристов.

Ключевые слова: культурно-общественный каркас, общественные пространства, сложные климатические условия, ГИС, устойчивое развитие территорий со сложным климатом.

USING INFORMATION TECHNOLOGIES AND GIS ANALYSIS IN AS-SESSING THE CONNECTIVITY OF CULTURAL AND SOCIAL FRAMEWORK OBJECTS IN CITIES WITH COMPLEX CLIMATIC CONDITIONS

A. E. Korobeinikova

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, anna-chega@mail.ru

Urban development of cities with complex climate is one of the most important tasks for modern urban planners. Such territories include the cities of the Arctic, the Far North, the Far East and Siberia. Low temperatures, precipitation, high wind speeds, as well as the peculiarities of daylight hours and polar night - all these factors can significantly reduce the comfort of being outdoors and, consequently, reduce the variety of outdoor recreation for both residents of cities with a complex climate and tourists.

Keywords: cultural and public framework, public spaces, complex climatic conditions, GIS, sustainable development of territories with complex climates.

Для городов со сложным климатом характерно снижение безопасности пребывания на открытых городских пространствах, поскольку низкие температуры и высокая скорость ветра могут привести к значительному сокращению времени обморожения [1].

Города Арктики, Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири представлены большим количеством объектов интереса – объекты культурного

наследия, природные объекты, исторические объекты. Многие из этих объектов находятся в городах или поблизости к ним и формируют культурно-общественный каркас города (КОК) или даже целой области. Как правило КОК представлен природными (парки, скверы, лесопарки и т.д.), культурными (театры, кинотеатры, библиотеки и т.д.) и историческими (музеи, мемориалы и т.д.) объектами. Культурно-общественный каркас территорий со сложным климатом и ландшафтом представлен уникальными объектами – стоянки коренных народов Севера, останки судов, стоянок и захоронений первопроходцев и исследователей Севера, навигационные знаки, маяки, петроглифы [2].

Однако сложные климатические условия диктуют главное требование к культурно-общественному каркасу – связность объектов КОК. Обеспечение связности – это не только залог развития и совершенствования всех составляющих культурно-социального каркаса, но и важнейший критерий обеспечения безопасности. На связность КОК влияет множество факторов, однако в данном исследовании внимание уделено двум из них – температура и скорость ветра (рис. 1).

Уникальные природно-климатические факторы - сильные ветра, низкие температуры, полярная ночь, а также сложные ландшафты – могут значительно снизить безопасность и комфортность нахождения на открытых пространствах города [3, 4, 5]. Обеспечение связности объектов КОК позволит снизить негативное влияние климатических факторов, обеспечив тем самым безопасную атмосферу как для жителей, так и для гостей города.

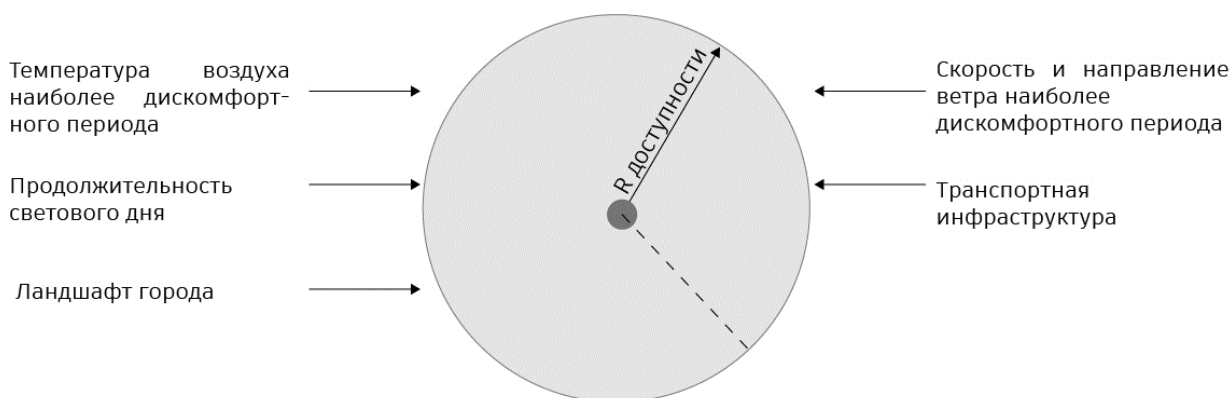


Рис. 1. Факторы, влияющие на связность КОК в городах со сложными климатическими условиями.

Оценку связности предлагается проводить при помощи сетевого анализа, а конкретно при помощи анализа доступности объектов (построение буферов, поиск кратчайшего пути, построение временных изохронов) в ГИС [8]. ГИС-технологии в настоящее время позволяют пользователям выполнять сетевой анализ даже значительных объемов данных [9]. Для городов со сложными климатическими условиями обязателен учет климатических факторов при

проведении сетевого анализа. Для этого предлагается использование различных индексов измерения субъективного ощущения человека при воздействии температуры и ветра, например, WindChill Index и др [10]. При помощи данного индекса мы получаем максимальное безопасное время нахождения на открытом воздухе. Для оценки связности КОК городов со сложными климатическими условиями предложен алгоритм (рис. 2).

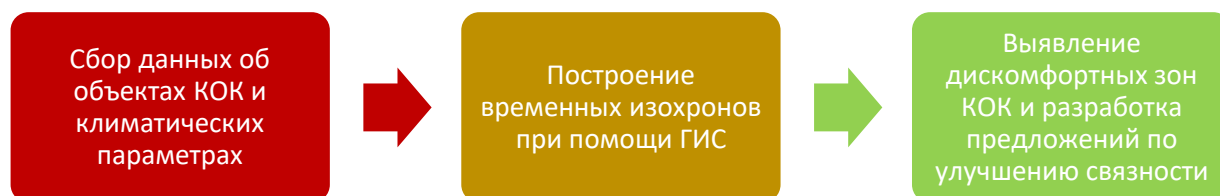


Рис. 2. Алгоритм оценки связности КОК в городах со сложными климатическими условиями

Алгоритм оценки связности объектов культурно-общественного каркаса городов со сложными климатическими условиями будет полезен для создания безопасной и комфортной системы общественных пространств поселений Арктики, Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока [11].

Библиографические ссылки

1. Павленко В., Куценко С. Ю. Обеспечение комфортной жизнедеятельности человека в Арктике: проблемы и задачи // Экология человека. Т. 2. 2018. С. 51-58.
2. Романенко Ф. А. Историко-культурное наследие Арктики: опыт инвентаризации // Полярные чтения на ледоколе «Красин». 2016. Vol. 3. P. 212-226.
3. Loginov V., Ignatyeva M., Balashenko V. Consistent approach to assess the comfort of living in the northern and arctic areas // Economy of Regions. 2018. Vol. 14 (4). P. 1399-1410.
4. Барсукова Н. И. Создание общественных пространств для арктических городов России. 2022. Т. 8.
5. Константинов П. И., Варенцов М. И., Грищенко М. Ю., Самсонов Т. Е., Шартова Н. В. Оценка термического стресса в арктическом городе в летний период // Арктика: экология и экономика. 2021. Т. 11, № 2. С. 219.
6. Danilina N. V., Lushin K. I., Korobeinikova A. E. Adapting cities and buildings to the climate change. 9785432304261st ed. Moscow: Publishing house ASV, 2022. 88 p.
7. Carder M. The lagged effect of cold temperature and wind chill on cardiorespiratory mortality in Scotland // Occupational and environmental medicine. 2005. Vol. 62. No. 10. P. 702-710.
8. Палеха Ю. Н., Олещенко А. В., Соломаха И. В. Применение ГИС-технологий в градостроительных проектах на государственном и региональном уровнях // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. 2012. Т. 25. № 1. С. 155-166.
9. Богданова А. Ю. Применение ГИС технологий в градостроительстве // Международная научно-техническая конференция молодых ученых. 2020. P. 174-178.
10. Osczevski R. J. The basis of wind chill // Arctic. 1995. P. 372-382.
11. Danilina N., Korobeynikova A. Features of Assessment and Formation of the Aeration Regime of Residential Development on the Sloping Lands of the Russian Arctic // 2022. No. 12. P. 1627.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ КИБЕРЭТНИЧНОСТИ КОРЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАРОДОВ РОССИИ

С. Ю. Белоруссова¹⁾, А. А. Сюзюмов²⁾

¹⁾ Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН,
Университетская наб., 3, 199034, Санкт-Петербург, Российская Федерация

²⁾ Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН,
Университетская наб., 3, 199034, Санкт-Петербург, Российская Федерация,
st049991@student.spbu.ru

Работа посвящена обзору применения инструментов геоинформационного картографирования в исследованиях киберэтничности коренных малочисленных народов России. На примере сообществ трёх народов (бесермян, води, нагайбаков) в сети «ВКонтакте» показаны различные сюжеты картографирования киберпространства: динамика создания сообществ, тематическое содержание и «география подписчиков».

Ключевые слова: киберэтнография; исследование интернета; киберполе; геоинформационное картографирование; геоинформационная система; ГИС; этноконфессиональные данные; этнографическое картографирование.

THE EXPERIENCE OF APPLICATION OF GIS-BASED MAPPING IN STUDIES OF CYBER-ETHNICITY OF INDIGENOUS PEOPLES OF THE RUSSIAN FEDERATION

S. Yu. Belorussova¹⁾, A. A. Siuziumov²⁾

¹⁾ Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera) of the Russian Academy of Sciences, University Emb., 3, 199034, Saint Petersburg, Russian Federation

²⁾ Peter the Great Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera) of the Russian Academy of Sciences, University Emb., 3, 199034, Saint Petersburg, Russian Federation,
st049991@student.spbu.ru

The article describes the use of GIS-based mapping tools in studies of cyber-ethnicity of indigenous peoples of Russia. On the example of the community of three nations (Besermyan, Votians, Nagaibak) on the VKontakte social network, various plots of cyberspace cartography are shown: temporal dynamics of the community creation, thematic content and “geography of subscribers.”

Keywords: cyber-ethnography, Internet research, cyber field, GIS-based mapping, GIS, ethno-confessional data, ethnic mapping.

Современная этнография применяет новейшие инструменты анализа и визуализации данных в изучении народов и этничности [1]. Несомненно, что в этот перечень входит геоинформационное картографирование, которое стало незаменимым инструментом в работе этнографа.

Геоинформационное картографирование, согласно А. М. Берлянту, это автоматизированный процесс создания и использования карт на базе геоинформационных систем (далее ГИС), в основе геоинформационного картографирования лежит информационно-картографическое моделирование геосистем [2]. Геоинформационное картографирование предоставляет новые возможности для анализа и синтеза данных, и как следствие на их основе исследователи получают ранее неизвестные результаты [3].

Одним из важнейших революционных событий научно-технический прогресса XX в. стало развитие средств коммуникации в том числе глобальных компьютерных сетей. Интернет внёс изменения во все сферы жизни: социальные, экономические, политические. В нашем исследовании мы остановимся на картографии и этнографии.

С одной стороны, развитие интернета повлияло на картографию и геоинформатику: и с технической стороны (увеличение скорости передачи и глобальный доступ к данным, увеличение международных связей и т.д.); и с точки зрения новых сюжетов для картографирования (моделирования). «Картографирование киберпространства» включает несколько направлений (тем) [4, 5, 6]: сетевая инфраструктура, трафик сетей, статистика функционирования сетей, статистика использования платформ, «поведение» и интересы пользователей, географические закономерности и особенности функционирования сетей, история и развитие телекоммуникационных сетей и др.

С другой стороны, развитие интернета повлияло на объект этнографии. К 2020 г. более половины жителей планеты стали пользователями интернета (в России в 2020 г. более 82% населения использовали интернет). Религиозные сообщества и целые народы стали выстраивать свои собственные границы в киберпространстве, а также актуализировать свою идентичность в социальных сетях [1].

Карты и картоподобные изображения могут быть использованы для отображения киберпространства и закономерностей его функционирования и развития, что дополняет существующий арсенал исследователя виртуальности [7].

Киберпространство становится [8]:

- Площадкой для коммуникации разрозненных этнических сообществ (компенсацией реальной территории);
- Хранилищем культурного наследия;
- Ареной для межэтнического диалога.

Цель данной работы описать опыт применения инструментов геоинформационного картографирования в изучении киберэтничности коренных малочисленных народов Российской Федерации (далее КМН).

Согласно единому перечню коренных малочисленных народов сегодня в Российской Федерации проживает 47 народов, обладающих данным статусом [9]. На первом этапе исследование охватило три КМН: бесермяне, водь, нагайбаки (таблица).

**Численность бесермян, водь и нагайбаков по данным
Всероссийских переписей населения [1]**

Название народа	Переписи		
	2002 г.	2010 г.	2020 г.
Бесермяне	3122	2201	2067
Водь	73	64	105
Нагайбаки	9600	8148	5759

В исследовании использовались данные о сообществах из социальной сети «ВКонтакте», для анализа был составлен реестр сообществ КМН (бесермяне – 14 сообществ; водь – 11; нагайбаки – 24). Также была собрана информация о сообществах: дата создания сообщества, количество подписчиков, их пол, возраст, населённый пункт, образование, семейный статус.

На первом этапе авторами создан ряд карт:

1. Количество групп КМН, динамика их создания (рис. 1);
2. Классификация групп КМН по тематике (рис. 2) и организации;
3. Распределение подписчиков по полу;
4. Киберлидерство: гендерный аспект;
5. География подписчиков (рис. 3).

Проект был выполнен в программном обеспечении QGIS 3.28.8 [10]. В качестве картографической основы использовались свободно распространяемые данные проекта Natural Earth [11].

В данной работе авторами было использовано несколько приёмов геоинформационного картографирования и пространственного анализа. Приём классификации применяется для группировки данных по определённому признаку для выявления закономерностей [3].

Не существует взаимно-однозначного соответствия между способами изображения в картографии и в геоинформационных системах [12]. Для создания локализованных диаграмм применялся встроенный инструмент «Диаграммы» в свойствах слоя. На рисунке 1 отображена динамика возникновения сообществ КМН в сети «ВКонтакте» с 2007 по 2022 гг., которая показывает явные различия в периодах активизации и становления

КМН в сети, например, сообщества води в основном создавались в 2007 и в 2008 гг., тогда как у бесермян происходит сдвиг к 2017–2018 гг.

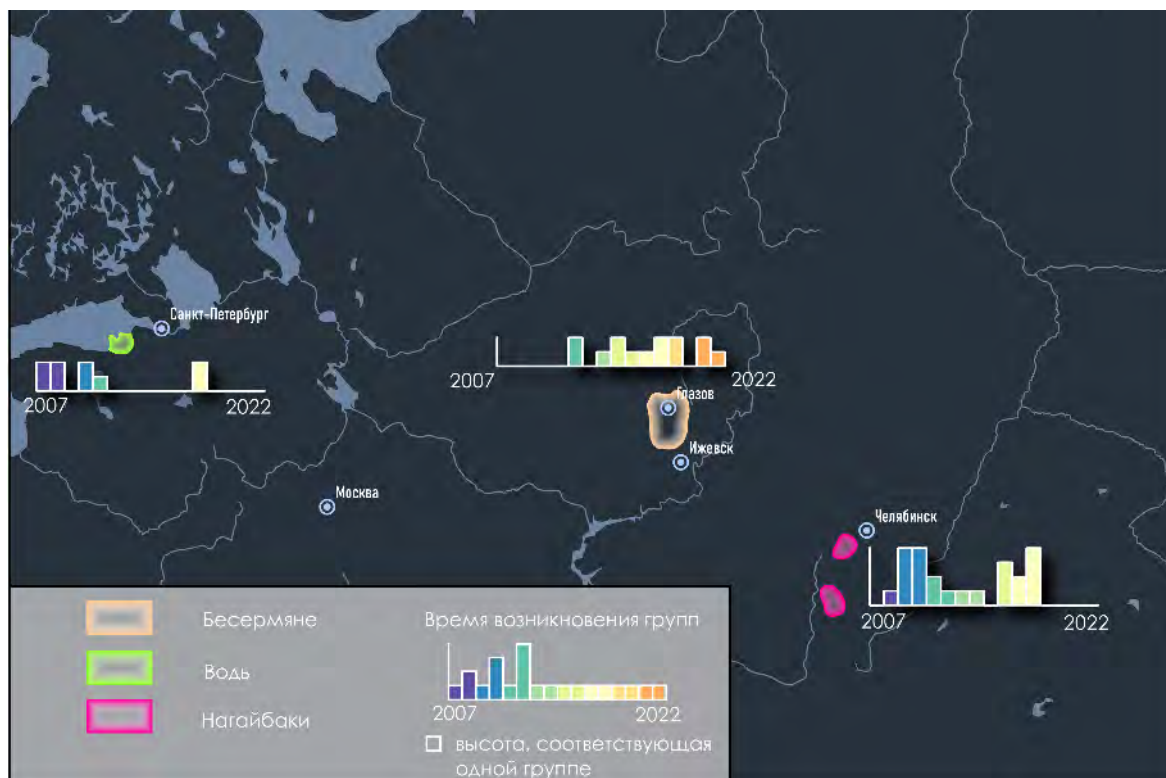


Рис. 1. Динамика возникновения сообществ КМН в сети «ВКонтакте» с 2007–2022 гг. (составлено авторами)

Авторами была предложена классификация сообществ по тематическому содержанию (рис. 2):

1. Этнохарактерные (языковые и религиозные);
2. История и родословные;
3. Фестивальные;
4. Музейные;
5. Фольклорные (музыкальные).

Отдельным сюжетом стала карта «географии подписчиков» (рис. 3). На карте с помощью значкового способа показаны населённые пункты, которые указали подписчики сообщества «Мон – бещерман. Я – бесермянин, бесермянка.» в качестве текущего места жительства (размер знаков указывает на количество) [13]. Для автоматизации процесса были использован модуль Bulk Nominatim QGIS Plugin [14]. В результате видно, что основное число подписчиков проживает в окрестностях городов Глазов и Ижевск.

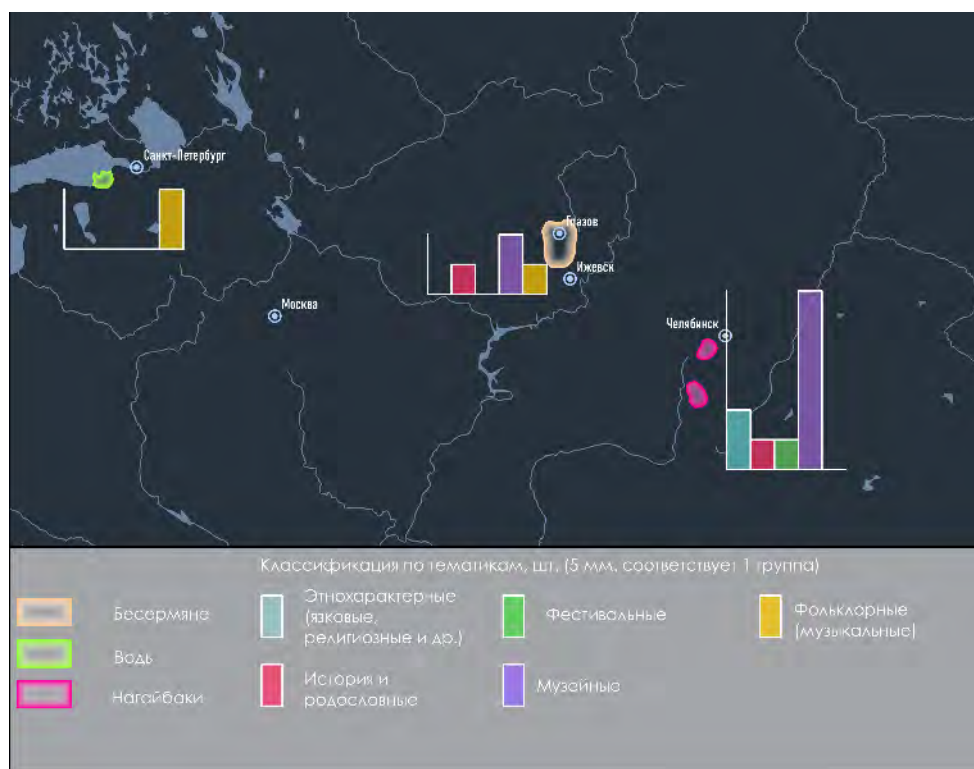


Рис. 2. Классификация сообществ КМН в сети «ВКонтакте» (составлено авторами)

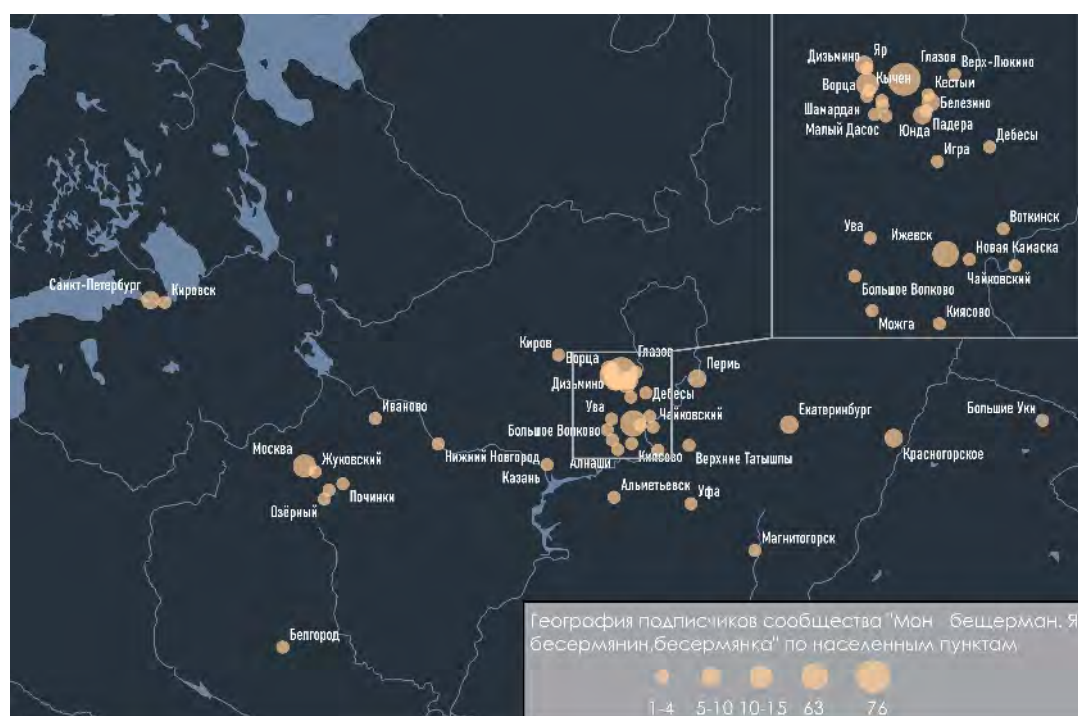


Рис. 3. География подписчиков сообщества «Мон – бещерман. Я – бесермянин, бесермянка» [13] (составлено авторами)

Картографирование помогает сделать виртуальное осязаемым и понятным для исследователя, но важно помнить о ряде ограничений этого

метода: практических, этических и политических [7]. Картографирование киберпространства требует дальнейшей разработки методологии и поиска эффективных способов картографического отображения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 23-78-10079

Библиографические ссылки

1. Головнёв А. В., Албогачиева М. С.-Г., Белорукова С. Ю., Беляева-Сачук В. А., Киссер Т. С., Перевалова Е. В. Коренные малочисленные народы России: этнокультурные проекции. СПб.: МАЭ РАН, 2022. 200 с.
2. Берлянт А. М. Теория геоизображений. М.: ГЕОС, 2006. 262 с.
3. Сидорина И. Е., Шишмолина Е. М. Возможности применения методов геоинформационного картографирования в этноконфессиональных исследованиях в Ленинградской области // Северо-Запад: Этноконфессиональная история и историко-культурный ландшафт-3. Девятые Шёгреновские чтения с международным участием. К 75-летию Ольги Михайловны Фишман. СПб.: Свое Издательство, 2022. С. 81–93.
4. Берлянт А. М. Картография и Интернет // Соросовский образовательный журнал, 1999. №11. С. 69–75.
5. Прохорова Е. А. Социально-экономические карты: учебное пособие. М.: Кн. дом Университет, 2010. 389 с.
6. 40 maps that explain the internet [Electronic resource] // Сайт. URL: <https://www.vox.com/a/internet-maps> (date of access: 11.10.2023).
7. Dodge M. The Role of Maps in Virtual Research Methods // Virtual methods: issues in social research on the Internet. New York: Berg. 2005. P. 113–128.
8. Головнёв А. В., Белорукова С. Ю., Киссер Т. С. Веб-этнография и кибер-этничность // Уральский исторический вестник, 2018. № 1 (58). С. 100–108.
9. О Едином перечне коренных малочисленных народов Российской Федерации [Electronic resource] // Сайт. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102065057> (date of access: 11.10.2023).
10. QGIS [Electronic resource] // Сайт. URL: <https://www.qgis.org/ru/site/> (date of access: 11.10.2023).
11. Natural Earth [Electronic resource] // Сайт. URL: <https://www.naturalearthdata.com/> (date of access: 11.10.2023).
12. Основы геоинформатики: практикум в QGIS [Electronic resource] // Энтин А. Л., Самсонов Т. Е., Карпачевский А. М.: сайт. URL: <https://aentin.github.io/qgis-course/> (date of access: 11.10.2023).
13. «Мон – бещерман. Я – бесермянин, бесермянка.» [Electronic resource] // Сайт. URL: <https://vk.com/public202166920> (date of access: 11.10.2023).
14. Bulk Nominatim QGIS Plugin [Electronic resource] // Сайт. URL: <https://github.com/NationalSecurityAgency/qgis-bulk-nominatim> (date of access: 11.10.2023).

СОЗДАНИЕ ГИС «ПАМЯТНИКИ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА»

А. Д. Беркутова

*Санкт-Петербургский государственный университет, 10 линия В.О., д.33-35,
199178, г. Санкт-Петербург, Россия, st068623@student.spbu.ru*

В работе описана методология создания ГИС «Памятники истории и культуры Северо-Западного федерального округа», рассчитанной для широкого пользования. Основная часть обработки исходных данных была автоматизирована, что позволяет добавлять актуальные наборы данных. Также использованы способы расширения функциональных возможностей ГИС, что позволяет быстро и легко работать с информацией, хранящейся в ГИС.

Ключевые слова: памятники истории и культуры; QGIS; электронные карты.

DEVELOPMENT OF GIS «HISTORICAL AND CULTURAL MONUMENTS OF THE NORTH-WESTERN FEDERAL DISTRICT»

A. D. Berkutova

*St. Petersburg State University, 10 line V.O., no. 33-35, 199178, St. Petersburg, Russia,
st068623@student.spbu.ru*

The article describes the methodology for creating a GIS «Monuments of history and culture of the North-Western Federal District. Most of the raw data processing has been automated, allowing for the addition of up-to-date data sets. Methods have also been used to expand the functionality of GIS, which allows you to quickly and easily work with information stored in GIS.

Keywords: historical and cultural monuments; QGIS; electronic maps.

Культурно-историческое наследие является фундаментом развития современного общества, источником знаний о прошлом и хранилищем культурных ценностей народов. Северо-Западный федеральный округ обладает уникальным наследием, которое является отражением происходивших здесь исторических и культурных событий.

В настоящее время охрана памятников культурного наследия включает в себя не только их сохранение, но и изучение, использование и популяризацию объектов. Для исследований, связанных с памятниками истории и культуры характерны междисциплинарность и системный подход.

В последние десятилетия особенно актуальным является вопрос цифровизации жизни общества. Геоинформационные системы (ГИС) являются удобным инструментом для анализа, систематизации и передачи пространственных данных. Использование ГИС в сфере культурно-исторического наследия позволяет производить удобную работу с данными и их анализ, а веб-представление ГИС позволяет получать данные пользователям через Internet и способствует популяризации памятников истории и культуры.

Научная новизна исследования состоит в разработке методики, которая позволит работникам администрации, членам общественных организаций или любому заинтересованному пользователю получить необходимую ему информацию о памятниках истории и культуры, расположенных на интересующей его территории используя для этого автоматизированные инструменты с доступным интерфейсом. Данная методика технически упростит работу с данными о культурно-историческом наследии.

При изучении и анализе культурного и исторического наследия Северо-Западного федерального округа была разработана классификация, описанная в таблице.

**Классификация памятников истории и культуры на территории
Северо-Западного федерального округа**

Группы	Классы
Памятники археологии	1. Памятники археологии
	2. Центры исторических поселений и стоянок
	3. Культовые места
Военные и технические сооружения	1. Памятники науки и техники
	2. Оборонительные сооружения
Места проживания	1. Усадьбы
	2. Мемориальные дома и квартиры
Религиозные памятники	1. Религиозные памятники
Памятники искусства и архитектуры	1. Произведения монументального искусства
	2. Объекты дворцового типа
	3. Памятники архитектуры
	4. Произведения ландшафтной архитектуры
Исторические памятники	1. Этнографические памятники
	2. Захоронения и мавзолеи
	3. Памятные места

Исходными данными для создаваемой ГИС послужили данные Единого государственного реестра объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации версии 50 от 28.02.2022 в формате CSV. Данные прошли несколько этапов обработки. Первый этап проводился с использованием Excel 2016, где были отобраны только объекты, находящиеся на территории Северо-Западного федерального округа, а также были отобраны объекты, относящиеся к категории объектов федерального значения. Дальнейшая обработка данных реестра была автоматизирована при помощи скриптов на языке программирования Python. Первый скрипт преобразует колонку данных «На карте» из формата JSON в формат WKT (Well-known text), это необходимо для импорта CSV файла в QGIS и отображения объектов. Второй скрипт преобразует поле «Изображение» так, чтобы в нём осталась только URL ссылка на изображение.

После обработки данные были импортированы в QGIS, после объектам были присвоены классы и группы в соответствии с разработанной классификацией, для автоматизации этого процесса был использован Калькулятор полей в QGIS, с помощью которого был реализован SQL запрос, затем была проведена ручная доработка.

Главным недостатком данных реестра является то, что данные представлены в формате точек, для получения полигональных объектов был использован слой OpenStreetMap Points of interest (Точки интереса). Данный слой содержит информацию о всевозможных объектах: парках, дворцах, отелях, церквях, школах, магазинах, барах, университетах и т.д. Среди данных реестра были выделены ансамбли, затем среди полигонов точек интереса были выделены те, которые пересекаются с точками ансамблей, затем было произведено объединение атрибутов объектов и ручная проверка, корректировка результата. Таким образом был получен слой полигонов ансамблей.

Также были добавлены данные о памятниках Северо-Западного федерального округа, отреставрированных при участии Всероссийского общества охраны памятников истории и культуры. На сайте общества данные о памятниках представлены в текстовом формате, для определения координат объектов было проведено геокодирование. Для геокодирования было использовано расширение Google таблиц Geocode for awesome table. В исходной таблице было сформировано три поля: Объект – содержит название объекта, Адрес – содержит название и все известные данные о местоположении объекта, Дата создания – содержит данные о времени создания объекта. Расширению Geocode for awesome table удалось опреде-

лить местоположение всех объектов, после чего таблица была экспортирована в формате .csv и добавлена в проект QGIS, где была проведена ручная проверка результатов геокодирования.

Для создания картографической основы в работе были использованы векторные данные OpenStreetMap и данные Natural Earth. Набор данных OpenStreetMap на территорию Северо-Западного федерального округа был получен с портала открытых данных GEOFABRIK. Для создания картографической основы необходимы следующие слои: страны, регионы России, муниципальные районы, границы, площадная и линейная гидрография, автомобильные дороги, железные дороги, населенные пункты.

Полученные данные также прошли несколько этапов обработки. На первом этапе проводилась обработка таблицы атрибутов. Исходные данные содержат большое количество столбцов, при обработке ненужные столбцы были удалены. На втором этапе проводилась генерализация объектов гидрографии и дорожной сети. При генерализации элементов гидрографии важно отразить относительную густоту речной сети, особенности размещения озер и степень извилистости рек. При генерализации дорог важно выделить главные дороги, соединяющие населенные пункты. При генерализации населенных пунктов были отобраны центры субъектов и крупные города, а также города, входящие в перечень исторических поселений федерального значения. Для проведения генерализации на первом этапе использовались автоматические инструменты QGIS, затем результат был доработан вручную. Для объектов гидрографии и населенных пунктов была проведена корректура наименований объектов, для этого были использованы данные Реестров наименований географических объектов по каждому субъекту Северо-Западного федерального округа.

Для дополнения информации по регионам были использованы данные Государственной статистики. Были использованы данные о количестве объектов культурного наследия, включенных в реестр, по которым проводятся работы по их сохранению, данные о количестве ассигнованных средств на проведение работ по сохранению объектов культурного наследия и данные о фактически освоенных средствах, на проведение работ по сохранению объектов культурного наследия по регионам СЗФО.

Программная часть ГИС представлена созданными в QGIS моделями и действиями. Редактор моделей QGIS позволяет создавать сложные модели объединяя цепочку операций по обработке данных в единый процесс так, чтобы пользователь мог потом применить эти действия к другому набору данных. Были созданы следующие модели:

1. `Klass_statistic`: Модель рассчитывает количество объектов заданного класса по заданному полигональному слою.

2. Century_statistic: Модель рассчитывает количество объектов, относящихся к заданному веку по заданному полигональному слою.

3. Density of cultural heritage: Данная модель использует слой, содержащий данные об объектах культурного наследия и генерирует карту плотности объектов культурного наследия на гексагональной сетке.

Действия задаются в свойствах слоя, они позволяют запускать алгоритм при взаимодействии пользователя с объектами слоя. Было реализовано действие Photo для открытия фотографий объекта при нажатии на объект.

Технологическая схема создания геоинформационной системы отображена на рисунке 1.

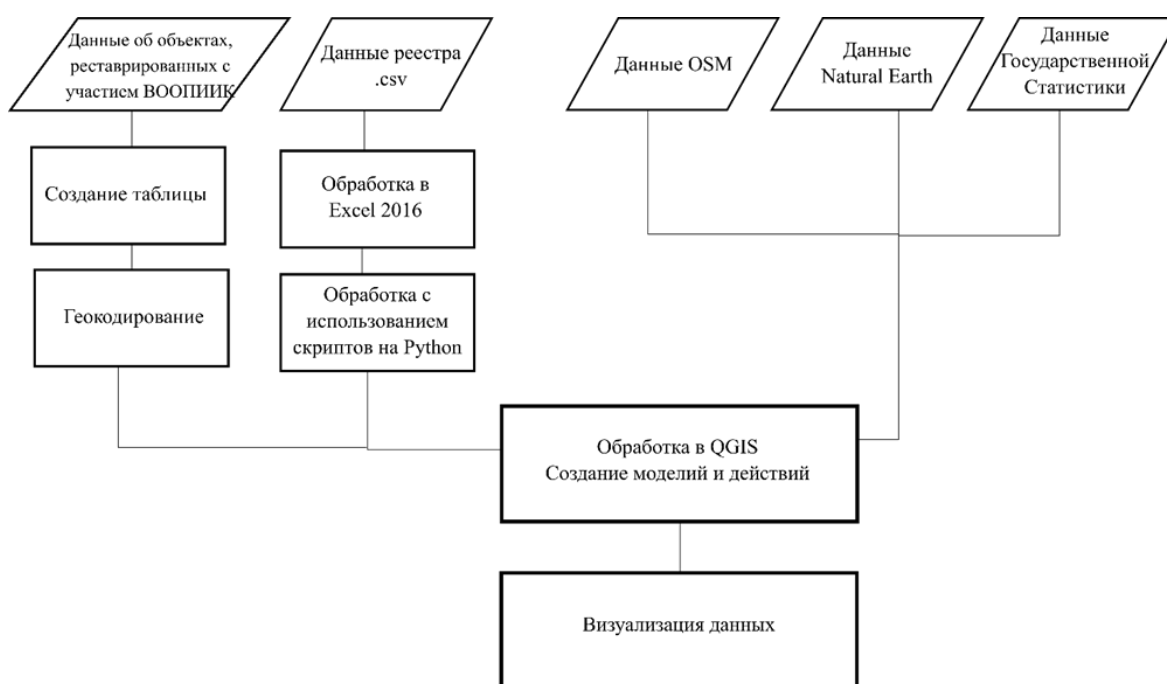


Рис. 1. Технологическая схема создания геоинформационной системы

Как итоги функционирования ГИС были созданы следующие карты:

1. Северо-Западный федеральный округ. Памятники истории и культуры по группам (рис. 2).

2. Северо-Западный федеральный округ. Памятники истории и культуры по веку создания (рис. 3).

3. Северо-Западный федеральный округ. Проведение и финансирование работ по сохранению памятников истории и культуры (рис. 4).



Рис. 2. Северо-Западный федеральный округ. Памятники истории и культуры по группам

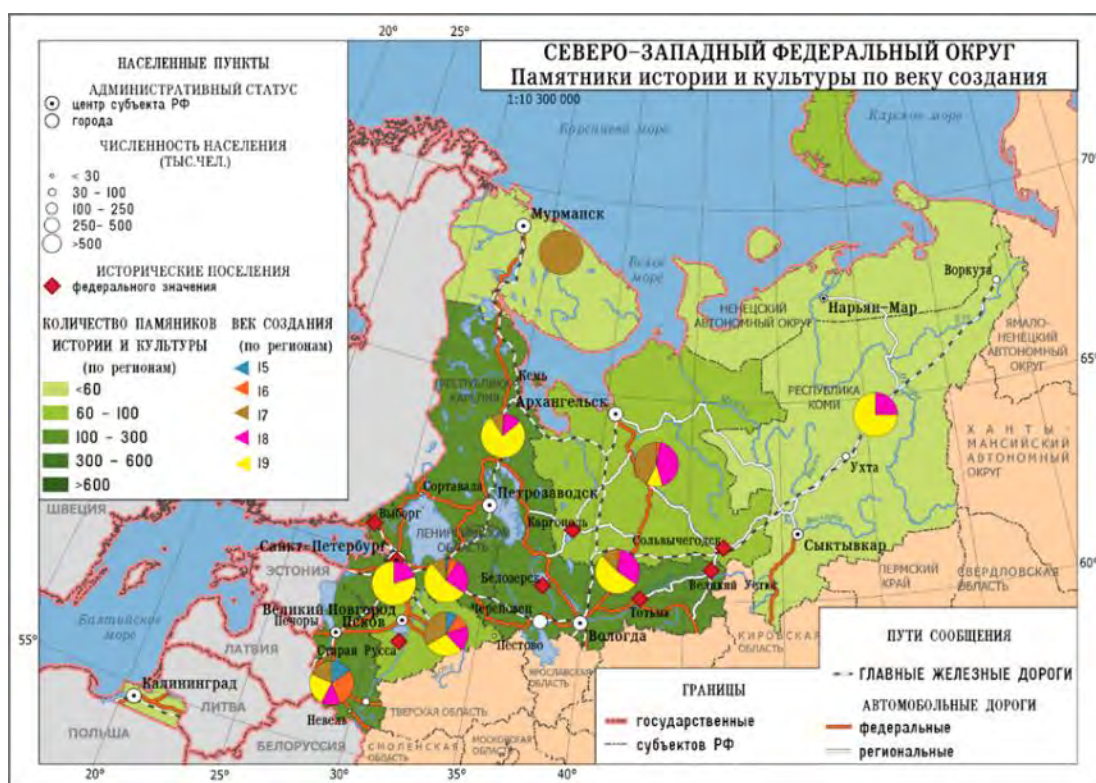


Рис. 3. Северо-Западный федеральный округ. Памятники истории и культуры по веку создания



Рис. 4. Северо-Западный федеральный округ. Проведение и финансирование работ по сохранению памятников истории и культуры

Была реализована веб-визуализация ГИС. Несомненными плюсами веб-визуализации данных являются возможность изменения масштаба карты и возможность кластеризации точечных объектов, таким образом можно удобно визуализировать все точечные объекты ГИС (рис. 5). Для создания веб-визуализации был выбран модуль qgis2web. Модуль позволяет создать веб-карту на основе проекта в QGIS используя веб-картографические библиотеки OpenLayers или Leaflet.

В проект были добавлены разработанные для каждого класса объектов культурного наследия значки в формате SVG-маркера. Как географическая основа был использован слой OSM Standart. Из тематического наполнения был добавлен точечный слой объектов культурного наследия, слой объектов, реставрированных при участии ВООПИИК, полигональный слой ансамблей (рис. 6), населенные пункты, так как этот слой содержит информацию о населенных пунктах, входящих в перечень исторических поселений, также было добавлено два полигональных слоя: «Финансирование и работа по сохранению» - слой содержит данные о количестве объектов культурного наследия, включенных в реестр, по которым проводятся работы по их сохранению, данные о количестве ассигнованных

средств на проведение работ по сохранению объектов культурного наследия и данные о фактически освоенных средствах, на проведение работ по сохранению объектов культурного наследия по регионам СЗФО (рис. 7), слой «СЗФО распределение по группам» содержащий данные о количестве объектов каждой группы по регионам, а также слой «Муниципальные районы, распределение по группам».

Были добавлены функции определения местоположения, измерения расстояний и площадей и функция поиска по данным OSM Standart и по слою «Данные реестра».

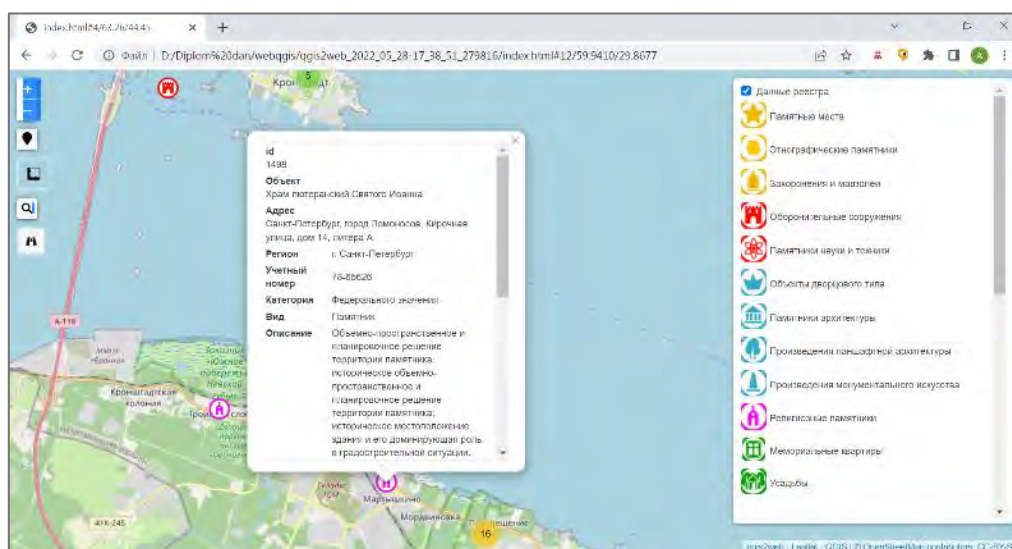


Рис. 5. Получение атрибутивной информации объекта слоя «Данные реестра»

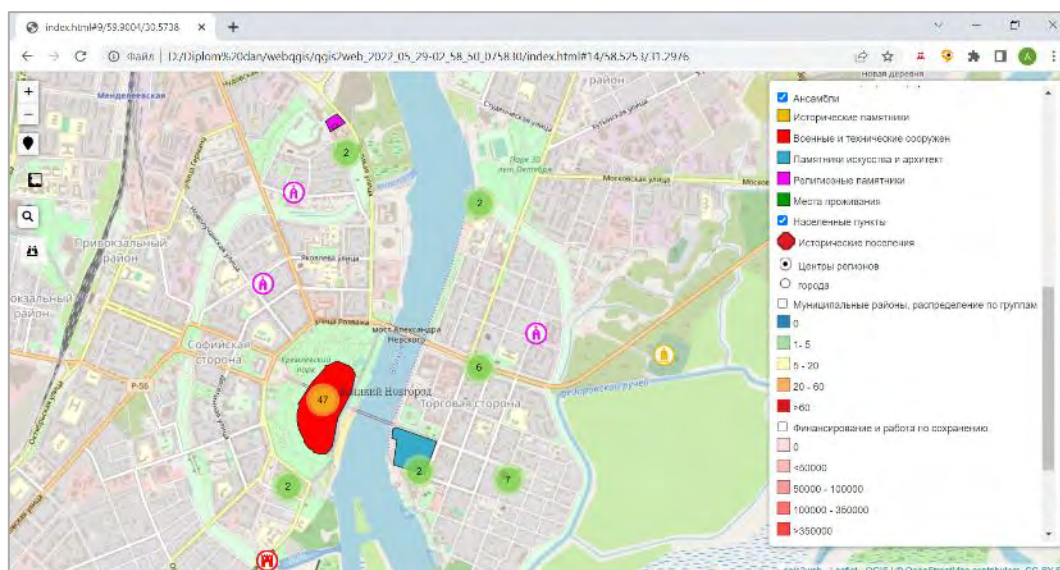


Рис. 6. Отображение слоя «Ансамбли»

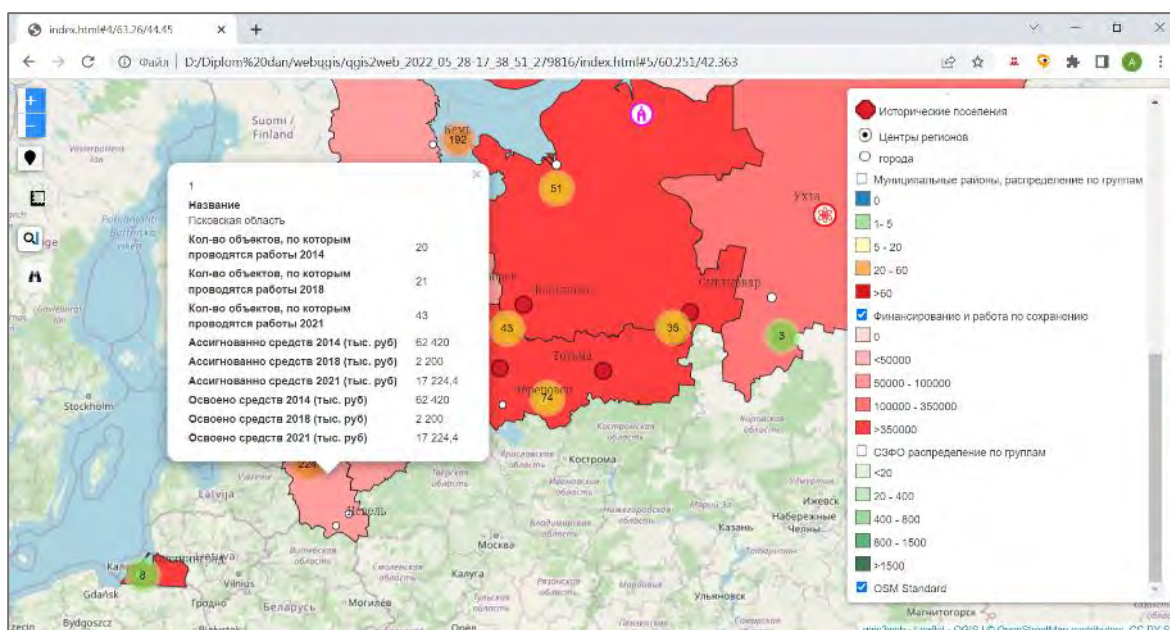


Рис. 7. Получение атрибутивной информации объекта слоя «Финансирование и работа по сохранению»

В работе произведены сбор и обработка исходных данных для создания ГИС. Основная часть обработки исходных данных была автоматизирована при помощи скриптов на языке Python, SQL запросов, что позволяет добавлять новые наборы данных. Также для обработки исходных данных было применено геокодирование и инструменты QGIS. Были выделены и добавлены полигональные объекты ансамблей памятников. Используются такие способы расширения функциональных возможностей ГИС как создание моделей и действий, что позволяет быстро и легко работать с информацией, хранящейся в ГИС.

Так как в современных исследованиях все чаще выделяют ансамбли памятников и культурно-исторические ландшафты, то стоит отдельно отметить создание полигонального слоя ансамблей и разработанную модель Density of cultural heritage, позволяющую оценить пространственное распределение памятников истории и культуры.

Разработанная методика может быть использована работниками администрации, членами общественных организаций и другими пользователями. Данная методика технически упростит работу с данными о культурно-историческом наследии.

Библиографические ссылки

1. Закон Российской Федерации "Федеральный закон "Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации" " от 25.06.2002 № 73-ФЗ 2022 г.

2. *Абдуллин Р. К., Пономарчук А. И.* Технологии интернет-картографирования. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. 132 с.

3. *Боярский П. В.* Перспективы развития памятниковедения // Памятниковедение: теория, методика, практика: сб. науч. трудов / Научно-исследовательский институт культуры. М., 1986. 127 с.

4. *Григорьев А. А., Зелюткина Л. О., Исаченко Т. Е., Коростелев Е. М., Паранина А. Н., Севастьянов Д. В.* Наследие Северо-Запада России и рекреационное природопользование. Санкт-Петербург, 2013.

5. *Дьячков А. Н.* Памятники в системе предметного мира культуры // Памятник и современность: Вопросы освоения историко-культурного наследия: сб. научн. тр. М., 1987. 43 с.

6. *Капралов Е. Г.* Программирование на языке Python для картографов и геоинформатиков. СПб: СПбГУ. Электронное издание, 2018. 235 с.

7. Департамент государственной охраны культурного наследия // Министерство культуры Российской Федерации URL: [https://culture.gov.ru/about/departments/departament_gosudarstvennoy_okhrany_kulturnog_o_naslediya/](https://culture.gov.ru/about/departments/departament_gosudarstvennoy_okhrany_kulturnogo_naslediya/) (дата обращения: 28.02.2022).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ALPINEQUEST В ВОЕННЫХ ЦЕЛЯХ НА ПРИМЕРЕ ЦЕЛЕУКАЗАНИЯ ПО ПОЗИЦИЯМ ВЕРОЯТНОГО ПРОТИВНИКА

А. О. Богданов

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск;
artem10042000@gmail.com*

В данной статье автором рассмотрены преимущества использования мобильного приложения AlpineQuest в топогеодезическом и навигационном обеспечении Вооруженных Сил Республики Беларусь. Раскрыты преимущества применения AlpineQuest по сравнению с аналоговыми картами. Дана характеристика специального программного обеспечения, рассмотрены основные возможности на примере целеуказания по позициям вероятного противника.

Ключевые слова: топография; геодезия; навигация; AlpineQuest; ГИС; целеуказание; электронные карты; спутниковые снимки; рекогносцировка.

USING ALPINEQUEST GIS FOR MILITARY PURPOSES USING THE EXAMPLE OF TARGETING BY POSITION A LIKELY ENEMY

A. O. Bogdanov

*Belarusian State University,
Nezavisimosti av., 4, 220030, Minsk
artem10042000@gmail.com*

In this article, the author considers the advantages of using the AlpineQuest mobile application in topogeodesic and navigation support of the Armed Forces of the Republic of Belarus. The advantages of using AlpineQuest in comparison with analog maps are revealed. The characteristics of special software are given, the main features are considered on the example of targeting positions of a likely enemy.

Keywords: topography; geodesy; navigation; AlpineQuest; GIS; targeting; electronic maps; satellite images; reconnaissance.

Современные боевые действия сложно представить без наличия картографической информации. Наиважнейшей целью топографического и навигационного обеспечения войск (сил) является создание благоприятных условий по созданию и доведению до командиров (командующих) штабов и войск (сил) топогеодезических данных, необходимых для изуче-

ния и оценки местности при принятии решений, организации взаимодействия, а также более эффективного применения вооружения и военной специальной техники.

Топографические и специальные карты в аналоговом виде являются основными средствами топогеодезической информации в Вооруженных Силах Республики Беларусь, однако обладают рядом недостатков, усложняющих их использование в условиях непосредственного соприкосновения с войсками (силами) противника на линии боевого соприкосновения. Основные недостатки аналоговых карт:

- необходимость заблаговременной подготовки ряда номенклатур аналоговых карт на территорию непосредственного столкновения с противником, требуемых для ведения боя;

- из большого количества номенклатурных листов, требуемых для ведения боя, вытекает проблема перевозки карт до линии боевого соприкосновения;

- существует вероятность утери секретных номенклатур, что ведёт к юридическим проблемам;

- неблагоприятные погодные условия значительно усложняют использование аналоговых карт;

- отсутствует возможность оперативного изменения ситуации на листе карты с её последующем редактированием;

- применение аналоговых карт в значительной степени усложняет взаимодействие отдалённых группировок войск (сил) из-за невозможности моментального обновления топогеодезической информации на всех листах аналоговой карты.

- утеря аналоговой карты с нанесёнными на неё данными о позициях союзных войск (сил) вызывает необходимость немедленного изменения позиций, из-за возможных атак противника;

Специальная военная операция, проводимая на территории Украины, является местом апробации новейших решений, исключающих данные недостатки. Эмпирическим путём свою эффективность на поле боевых действий доказала туристическая мобильная ГИС AlpineQuest: «Российские военные активно используют GPS-приложение для координации атак на позиции украинских солдат, сообщил командующий сухопутных войск ВСУ генерал-полковник Александр Сырский. По его словам, речь идёт о приложении Alpine Quest GPS для смартфонов. Сырский утверждает, что программа, в частности, позволяет отмечать координаты позиций ВСУ и маршруты выдвижения к ним.» [1].

Данная ГИС позволяет визуализировать открытые для общего пользования векторные карты, цифровые модели рельефа и спутниковые снимки. Также Alpine Quest представляет возможность хранения данных

карты в кэше мобильных устройств и использование программы в офлайн режиме, что исключает перехват данных противником. Обработка сигналов GPS/GNSS при видимости большой группировки спутников даёт погрешность нахождения координат точки стояния до одного метра. Большое количество опций позволяет настроить программу для выполнения различных задач. Наличие возможности создания меток на карте представляет инструменты для нанесения ситуации и определения координат данных объектов, а экспорт данных точек и пересылка союзным силам решает проблему моментального обновления всей топогеодезической информации. Интуитивно понятный интерфейс данной программы позволит значительно облегчить подготовку специалистов по корректировке огня ракетных войск и артиллерии: «Подготовка военных специалистов в современных условиях – важнейшая задача, поставленная государством, для поддержания боевой готовности Республики Беларусь в условиях напряженной обстановки в мире и на ближайших границах.» [2, с. 149].

Также данное приложения выделяется следующими преимуществами:

- состояние местности на аналоговых картах как правило, более устаревшее по сравнению с загружаемым кэшем приложения;
- измерения расстояний, азимутов, площадей производимые в приложении более точны и быстры;
- картографическое обеспечение боевых действий быстрее и дешевле, так как не требует полиграфического воспроизведения карт [3].

Корректировка огня в боевом тандеме с барражирующим беспилотным летательным аппаратом, производящим разведку и доразведку местности, увеличивает эффективность боевого применения ракетных войск и артиллерии практически до 100% благодаря моментальному исправлению наведения: «Использование квадрокоптеров в ходе боевых действий в тактической зоне имеет ряд особенностей, учитывая которые можно увеличить эффективность применения дронов. Разведка наиболее важных позиций противника – основная задача, стоящая перед операторами дрона. Придерживаясь наиболее эффективных способов построения маршрута дрона, увеличивается эффективность разведки, следовательно, и вероятность огневого поражения наиболее важных позиций противника.» [4]

В данной работе представлен пример настройки рабочей области и ведение целеуказания по позициям вероятного противника для версии AlpineQuest 2.3.5b.

После открытия программы первым делом требуется настроить рабочую область выполняя следующие шаги:

1. Вызвать подменю настроек в основном меню программы на рабочей панели и заменить формат местоположения на систему координат 42-

го года, используемую в Вооруженных Силах Республики Беларусь (для удобства имеется возможность настройки дополнительного формата местоположения, рекомендуется установить систему координат WGS84 с отображением градусов, минут и секунд). Формат расстояний требуется заменить на единицы измерения СИ, если таковые не установлены по умолчанию. Также программа предоставляет возможность настройки отображения уклонов (градусы, проценты, тысячные) и направлений (градусная мера, либо в тысячных) в разных единицах измерения. Изменяем на наиболее удобное нам направление на север рабочей области (рекомендовано использовать координатный север, как это принято в топографических и специальных аналоговых картах). Также в данном пункте меню производится изменение типов и размера добавляемых меток, настройки отображения позиционирования, работы с экраном и курса по компасу, установка отображения координатной сетки на экране и круговой масштабной линейки.

2. Далее для настройки рабочей области требуется настройка отображаемых на экране карт. Рекомендуется использовать карты из набора Yandex, так как они могут загружаться в кэш носимого устройства и использоваться в офлайн режиме. Открываем подменю доступные карты в меню карты, выбираем добавление карт и подгружаем требуемый набор. Добавляем как слой векторные карты дорог и схему, а также растровую карту со спутниковыми снимками. Растровую карту используем как подложку, размещаем её под остальными слоями карты, схеме выставяем непрозрачность в районе 15% для того, чтобы векторный слой не перекрывал спутниковый снимок. Также в данном меню необходимо добавить в избранное текущие настройки отображения карты. После проделанных операций рабочая область примет следующий вид (рис. 1).

Следующим шагом будет добавление новых меток (рис. 2) в рабочую область карты. Инструменты программы предоставляют возможность нанесения путевых точек, как точечный векторный объект. Для описания точек есть инструменты символизации иконки и её цвета, а также текстового описания, которые в последствии будут отображаться в рабочей области. Также есть подтипы фототочка, позволяющий сделать фотографический снимок нужного нам объекта, и аудиоточка, позволяющий записать описание объекта, как аудиофайл. Программное обеспечение даёт возможность объединения путевых точек в наборы по какому-либо объединяющему признаку (например, фортификации противника), а также проложения маршрута среди точек для навигации союзных войск (сил). Имеются инструменты начертания на рабочей области, а также добавления текста.

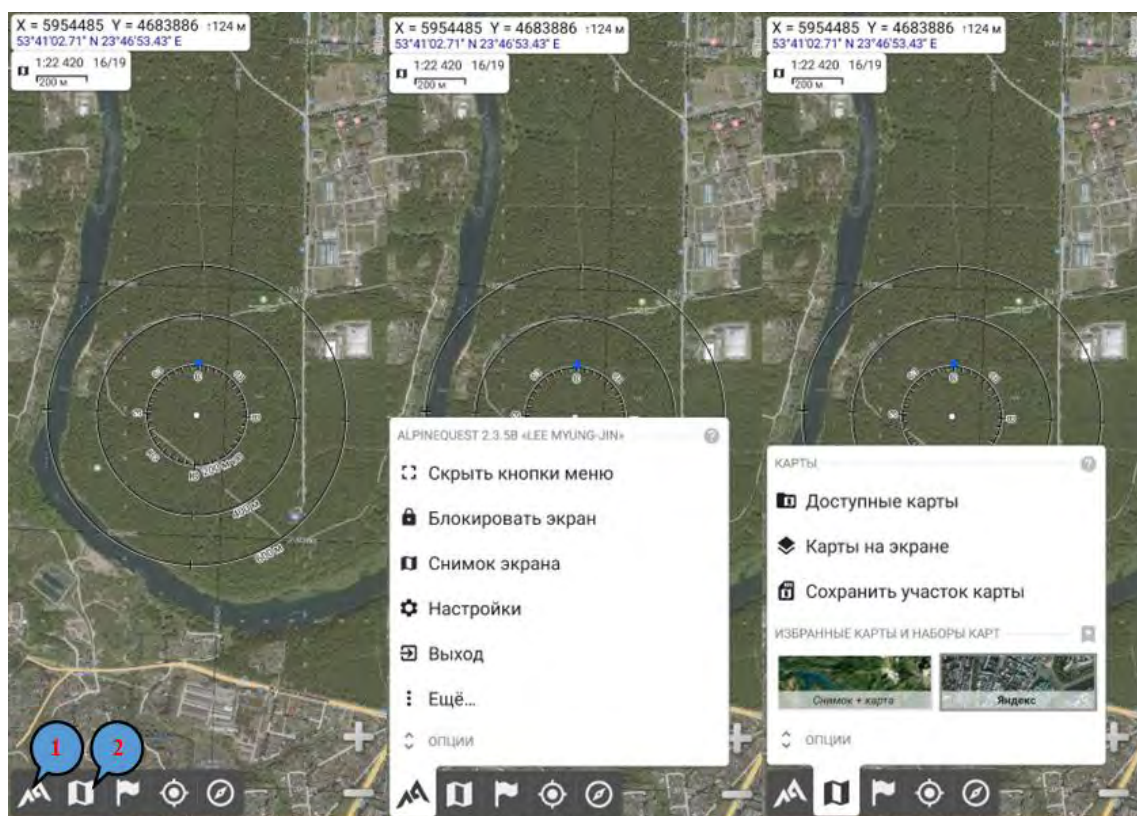


Рис. 1. Результат настройки рабочей области программы

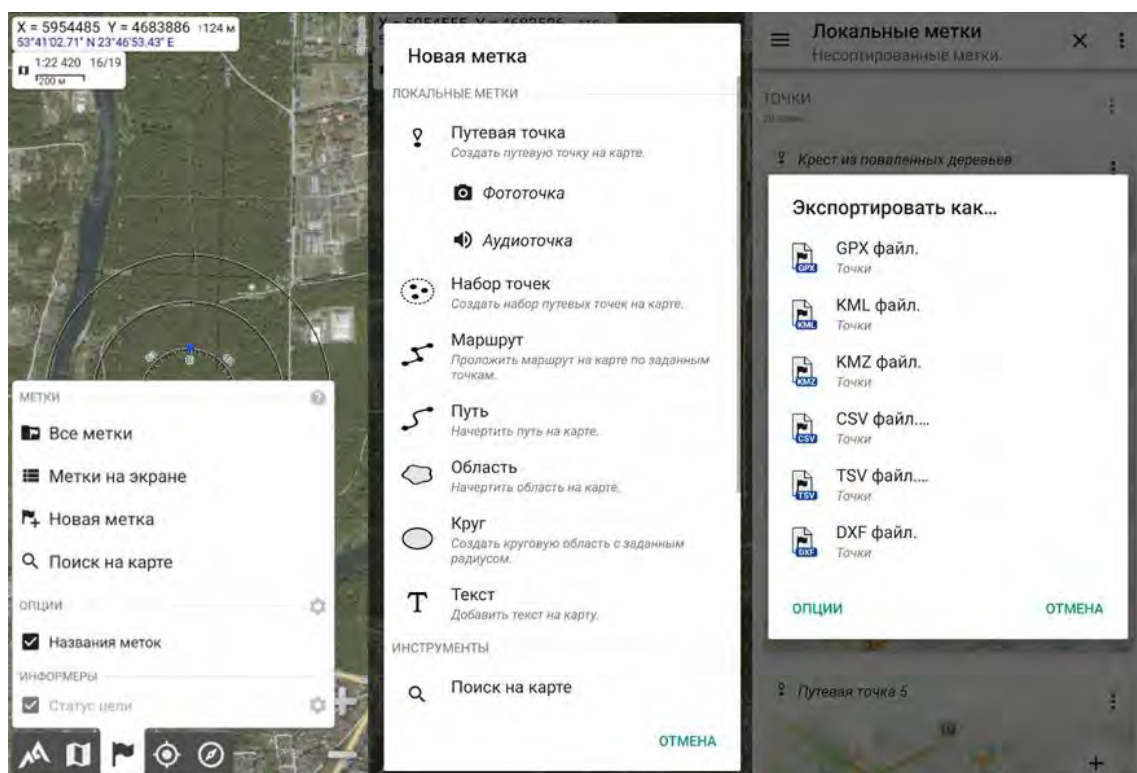


Рис. 2. Инструменты работы с точками

Все созданные точки экспортируются файлом в разных расширениях, позволяющих их открыть в разном программном обеспечении. Это дает возможность командиру нанести ближайшую боевую задачу в приложении с применением имеющихся условных обозначений. Затем сбросить ее на любой носитель информации, с которого она дистанционно доводится до подразделений, с учетом наличия у них AlpineQuest. При этом не тратится бесценное время на перенос обстановки на бумажные карты, что позволяет также избежать фактора человеческой ошибки при данной процедуре.

Далее требуется произвести в первичное целеуказание на позицию противника. Существует два способа целеуказания:

1. Самый простой способ для данной программы – просто назвать прямоугольные координаты позиции противника.

2. Также имеется возможность указать направление по магнитному азимуту и расстояние до точки. Для этого требуется зайти в подменю новая метка, расположенном в меню метки и выбрать инструмент измерения азимута и расстояния между точками. Также имеются инструменты поиска по карте, измерения уклона между точками и построения маршрута по векторному слою дорог для навигации союзных войск (сил) в автоматическом режиме. Для настройки отображения инструмента измерения азимута и расстояния требуется зайти в меню метки, развернуть подменю опции и настроить вкладку информеры. Окна настроек, инструментов и результаты целеуказания представлены на рисунке 3.

Следующим обязательным шагом будет произведение корректировки огня артиллерии. Пристрелка в данном случае будет вестись по сторонам света [0, с. 90-93]. Важно иметь возможность наблюдения точки разрыва либо с наблюдательного поста самим корректировщиком, либо с камеры беспилотного летательного аппарата. После произведённого места разрыва требуется нанести метку данного места в рабочую область, определив её местоположение глазомерно.

После того, как мы добавили место разрыва на рабочую область карты, мы должны зайти в меню метки подменю все метки, найти точку, обозначающую цель (в данном случае фортификации противника) и выбираем функцию задать цель. В результате на рабочей области будет отображаться расстояние до цели, а также настроенные в опциях информера показатели. Следующим шагом будет определение отклонений места разрыва по сторонам света. Процесс нахождения отклонений представлен на рисунке 4.

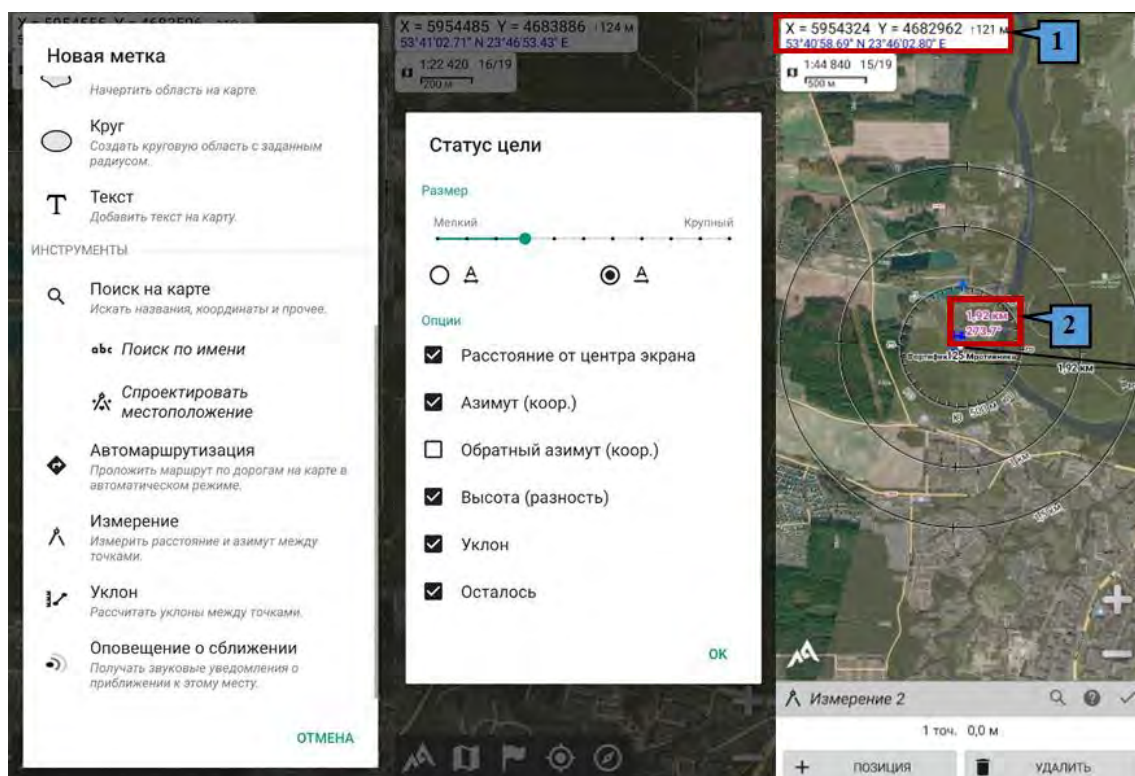


Рис. 3. Окна инструментов, настроек информера и результатов целеуказания

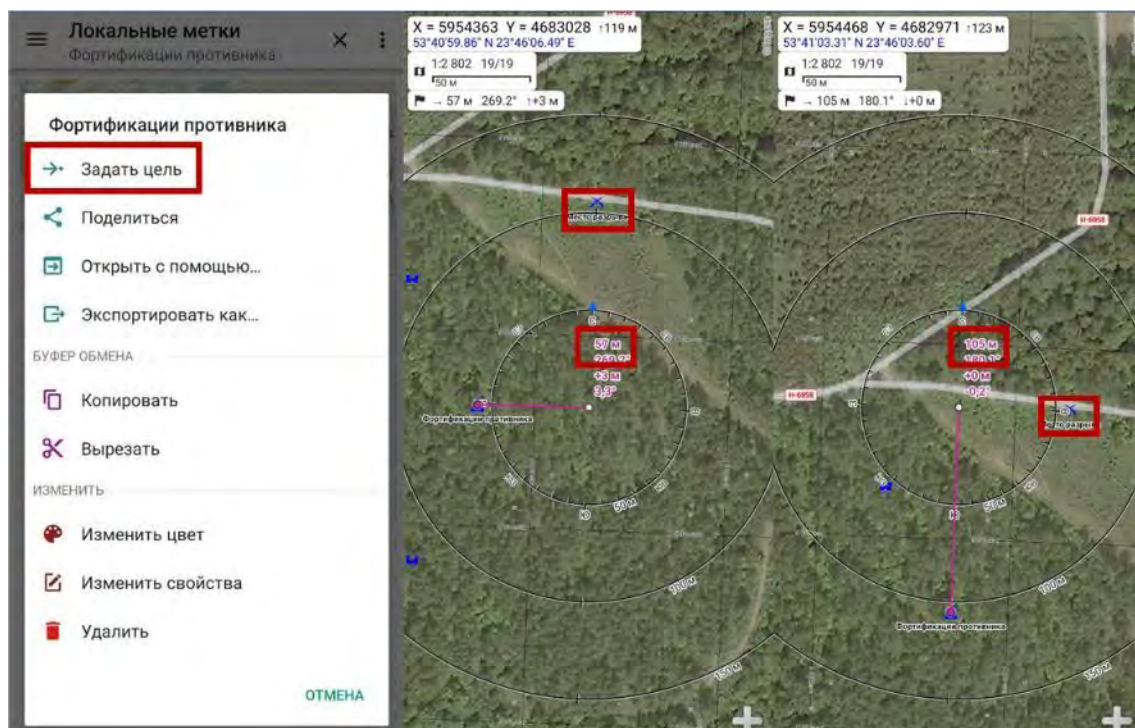


Рис. 4. Процесс нахождения отклонений от цели по сторонам света

Подводя итог, следует отметить, что современные боевые действия являются местом апробации новейших методик, позволяющих получать

преимущество над противником. Использование новых средств получения топогеодезической информации, в частности мобильной туристической ГИС AlpineQuest в особенности в боевом тандеме с разведывательным беспилотным летательным аппаратом, предоставляет возможности, которые ранее были неосуществимы с такой скоростью и простотой реализации. Включение методики использования данной ГИС в военных целях в программу обучения специалистов-топографов навигационно-топографической службы Вооруженных Сил Республики Беларусь, позволит значительно упростить и увеличить оперативность предоставления топогеодезических данных для командиров (командующих) войск (сил), необходимых для изучения и оценки местности, при принятии решений, организации взаимодействия, а также более эффективного применения вооружения и военной специальной техники.

Библиографические ссылки

1. Информационный портал, финансируемый Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации / Электронный ресурс / URL: <https://life.ru/p/1574880>. (дата обращения: 30.09.2023).

2. Богданов А. О. Преимущества обучения геоинформационным системам военного назначения военных специалистов негеографического профиля / Геоинформационные системы военного назначения: теория и практика применения : материалы IX Респ. науч.-практ. конф., Минск, 12 мая 2023 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. М. Бахарь (гл. ред.) [и др.] ; под общ. ред. А. С. Черенко. Минск : БГУ, 2023. С. 149-152.

3. Черенко А. С., Корьев Л. В. Использование геоинформационных технологий для формирования специальной карты геодезических данных Вооруженных Сил Республики Беларусь // Земля Беларуси. 2021. №2. С.36-44.

4. Богданов А. О., Руденков О. В. Преимущества применения квадрокоптера для топогеодезической привязки позиции войск / Геоинформационные системы военного назначения: теория и практика применения : материалы IX Респ. науч.-практ. конф., Минск, 12 мая 2023 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. М. Бахарь (гл. ред.) [и др.] ; под общ. ред. А. С. Черенко. Минск : БГУ, 2023. С. 84-90.

5. Макаров А. П., Литвиненко В. И., Литвин Ю. И. Руководство корректировщику артиллерийского огня: учебное пособие. Москва: КНОРУС, 2018. 140 с.

ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГИС ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОСБОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ Г. МИНСКА

С. В. Алисиевич¹⁾, Н. В. Ковальчик²⁾, Е. П. Овчарова³⁾

^{1), 2)} Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, Минск, Беларусь, email: sviatalsv@gmail.com, kovalchiknv@gmail.com

³⁾ Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь, email: geosystem1@rambler.ru

В среде ГИС ArcGIS с использованием инструментов гидрологического моделирования Arc Hydro проведено выявление трансформации пространственной структуры естественных водосборов на территории г. Минска. Последовательно было выполнено моделирование естественных локальных водосборов, исторической гидрографической сети, водосборных бассейнов коллекторов дождевой канализации, выявлены участки трансформации водосборов.

Ключевые слова: ГИС-технологии; гидрологическое моделирование; локальные водосборы; трансформация пространственной структуры водосборов.

HYDROLOGICAL MODELING IN GIS FOR IDENTIFYING TRANSFORMATION OF NATURAL WATERSHEDS' SPATIAL STRUCTURES ON MINSK CITY TERRITORY

S. Alisiyevich¹⁾, N. Kavalchik²⁾, A. Aucharova³⁾

^{1), 2)} Belarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Republic of Belarus, email: sviatalsv@gmail.com, kovalchiknv@gmail.com

³⁾ Institute for Nature Management, Skaryny Avenue, 10, 220076, Minsk, Republic of Belarus, email: geosystem1@rambler.ru

In the ArcGIS GIS environment using Arc Hydro hydrological modeling tools, the transformation of natural watersheds' spatial structure on Minsk city territory was identified. Modeling of natural local watersheds, the historical hydrographic network and rainwater drainage watersheds was consistently implemented, and watershed transformation areas were identified.

Keywords: GIS technologies; hydrological modeling; local watersheds; watersheds' spatial structure transformation.

Геоинформационные технологии являются важным инструментом исследования гидрологических процессов. Широкое внедрение ГИС-

технологий в гидрологии связано с тем, что большинство гидрологических задач имеет пространственный характер. Спектр гидрологических приложений ГИС чрезвычайно широк и включает получение и обработку пространственных данных, моделирование, прогнозирование и поддержку принятия решений [1]. Гидрологическое моделирование в ГИС применяется для решения таких задач, как расчет русловых и бассейновых морфометрических характеристик [2], прогнозирование паводков и половодий на реках [3], определение зон возможного подтопления [4] и др.

В статье описывается применение гидрологического ГИС-моделирования и ГИС-картографирования для выявления трансформации пространственной структуры естественных водосборных бассейнов на территории г. Минска. Исследование проводилось в среде ГИС ArcGIS и включало четыре этапа: выделение локальных водосборов, воссоздание ретроспективной гидрографической сети, выделение водосборов коллекторов дождевой канализации, выявление участков трансформации.

Выделение локальных водосборов. Для выделения локальных водосборов применялись инструменты гидрологического моделирования модуля Arc Hydro [5]. В качестве исходных данных была использована цифровая модель рельефа г. Минска с пространственным разрешением 10 м. Выделение водосборов проводилось в несколько шагов.

Первым шагом построения водосборных бассейнов территории является обработка исходной ЦМР с целью создания гидрологически корректной цифровой модели рельефа (гидро-ЦМР). Гидро-ЦМР представляет собой модель, в которой форма и направление смоделированных водотоков совпадают с реальными в пределах исследуемой территории [6]. Результатом построения такой модели является отражение настоящего характера движения водных потоков.

Для обработки исходной ЦМР использовался инструмент Fill Sinks («Заполнить понижения»). Если ячейка окружена ячейками с большей высотой, вода задерживается в этой ячейке и не может течь. Инструмент Fill Sinks корректирует значения высот для устранения этой проблемы. В результате обработки была получена гидрологически-откорректированная ЦМР территории.

На втором шаге построения водосборов с помощью инструмента Flow Direction («Направление потока») в каждой ячейке грид-модели путем анализа углов и экспозиций склонов определялось направление стока.

Инструмент Flow Direction принимает скорректированную ЦМР (Hydro DEM) в качестве входных данных и вычисляет соответствующую грид-поверхность направления стока (Flow Direction Grid). Значения в ячейках поверхности направления стока указывают направление наискорейшего спуска из этой ячейки. Всего выделяется 8 направлений спуска, в

зависимости от которых каждой ячейке присваивается числовое значение: восточное – 1, юго-восточное – 2, южное – 4, юго-западное – 8, западное – 16, северо-западное – 32, северное – 64 и северо-восточное – 128.

Третьим шагом построения является вычисление суммарного стока (количества всех ячеек, чей сток попадает в ячейку, лежащую ниже по склону) с помощью инструмента Flow Accumulation («Накопление стока»).

Инструмент Flow Accumulation принимает в качестве входных данных грид направления стока (Flow Direction Grid), после чего вычисляет связанную грид-модель накопления стока (Flow Accumulation Grid), которая содержит накопленное количество ячеек вверх по течению для каждой ячейки во входном гриде. Ячейки с самым большим значением суммарного стока образуют собой линии, которые служат каркасом для создания в дальнейшем сети водотоков. Ячейки, суммарный сток которых принимает значение «0», – это территориальные «пики» (возвышения), с помощью которых визуализируются линии водоразделов.

На четвертом шаге при помощи инструмента Stream Definition («Определение водотоков») производилось определение постоянных водотоков. Инструмент принимает в качестве входных данных модель накопления стока (Flow Accumulation Grid) и создает сеть постоянных водотоков (Stream Grid) для заданного порога. Этот порог определяется либо количеством ячеек (по умолчанию 1%), либо площадью водосбора в квадратных километрах, таким образом, задается пороговое значение показателя суммарного стока, при котором ячейка будет считаться водотоком. В ходе исследования в качестве значения порога было принято значение по умолчанию, составляющее 1% от общей площади.

На пятом шаге на основе полученной сети водотоков выделялись звенья каждого водотока. Для этого использовался инструмент Stream Segmentation («Сегментация водотоков»), который создает грид-модель сегментов водотоков, имеющих уникальную идентификацию. Сегмент определяется как главный сегмент, либо как сегмент между соединениями двух сегментов. Все ячейки в определенном сегменте имеют один и тот же код сетки, характерный для этого сегмента. Результатом работы инструмента является грид сегментации потоков (Stream Link Grid).

Шестым шагом является очертание водосборных площадей. Инструмент Catchment Grid Delineation («Очертания поверхности водосбора») создает грид-модель, в которой каждая ячейка содержит значение (grid code), указывающее, к какому водосбору она принадлежит. Это значение соответствует тому значению, которое имеет сегмент потока, осушающий область, определенную во входном гриде (Stream Link Grid). На выходе была получена грид-модель водосборов (Catchment Grid).

Седьмым шагом производилось автоматизированное выделение границ водосборов. Для этого использовался инструмент Catchment Polygon Processing («Обработка полигонов водосбора»). Инструмент принимает в качестве входных данных грид-модель водосборов (Catchment Grid) и преобразует ее в класс полигональных пространственных объектов водосборов (Catchment). Соседние ячейки сетки, имеющие одинаковый код сетки, объединяются в единую область, граница которой векторизуется. Полигоны с одной ячейкой и «полигоны-сироты», сгенерированные как артефакты процесса векторизации, автоматически растворяются, так что в конце процесса на каждый водосбор остается только один полигон.

Далее проводилась ручная доработка границ водосборов. Из полученного полигонального слоя водосборов были вырезаны крупные площадные водные объекты города: водохранилища Дрозды, Лебяжье, Чижовское и Курасовщина. Таким образом, на территории Минска было выделено 73 естественных локальных водосбора (рис. 1).

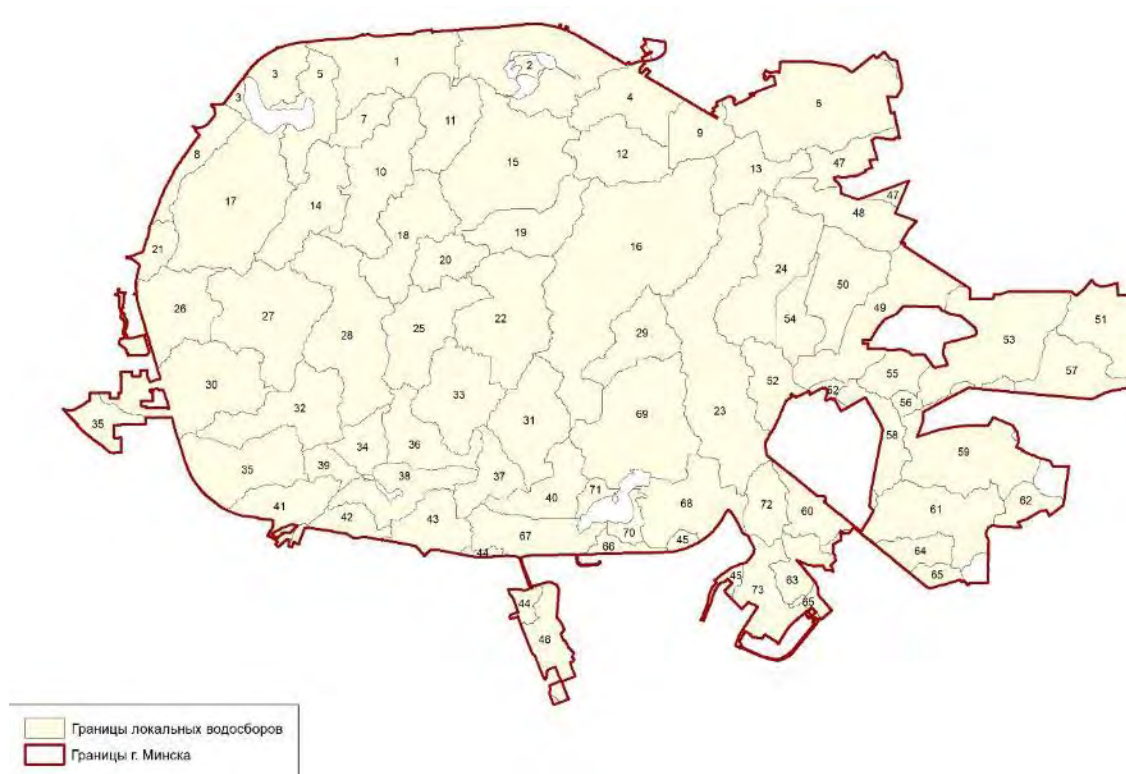


Рис. 1. Естественные локальные водосборы, выделенные на территории г. Минска

Воссоздание ретроспективной гидрографической сети. На следующем этапе исследования была воссоздана ретроспективная гидрографическая сеть г. Минска: проведено картографирование исторических водотоков, выделены их водосборные бассейны.

Для картографирования исторических водотоков – рек и ручьев г. Минска – выполнялся визуальный анализ исторических карт города, а также анализ текстовых материалов о гидрографической сети Минска [7]. Помимо того, при картографировании учитывалось размещение естественных водотоков, смоделированных на предыдущем этапе исследования. На основе имеющихся данных был создан векторный слой ретроспективной гидрографической сети города.

Для картографирования водосборных бассейнов исторических рек и ручьев Минска выделенные ранее локальные водосборы классифицировались по принадлежности к тому или иному водотоку. Водосборы включались в бассейн определенной реки или ручья согласно направлению поверхностного стока и порядку водосборов. Таким образом, все локальные водосборы были поделены между 15 водосборными бассейнами (рис. 2).

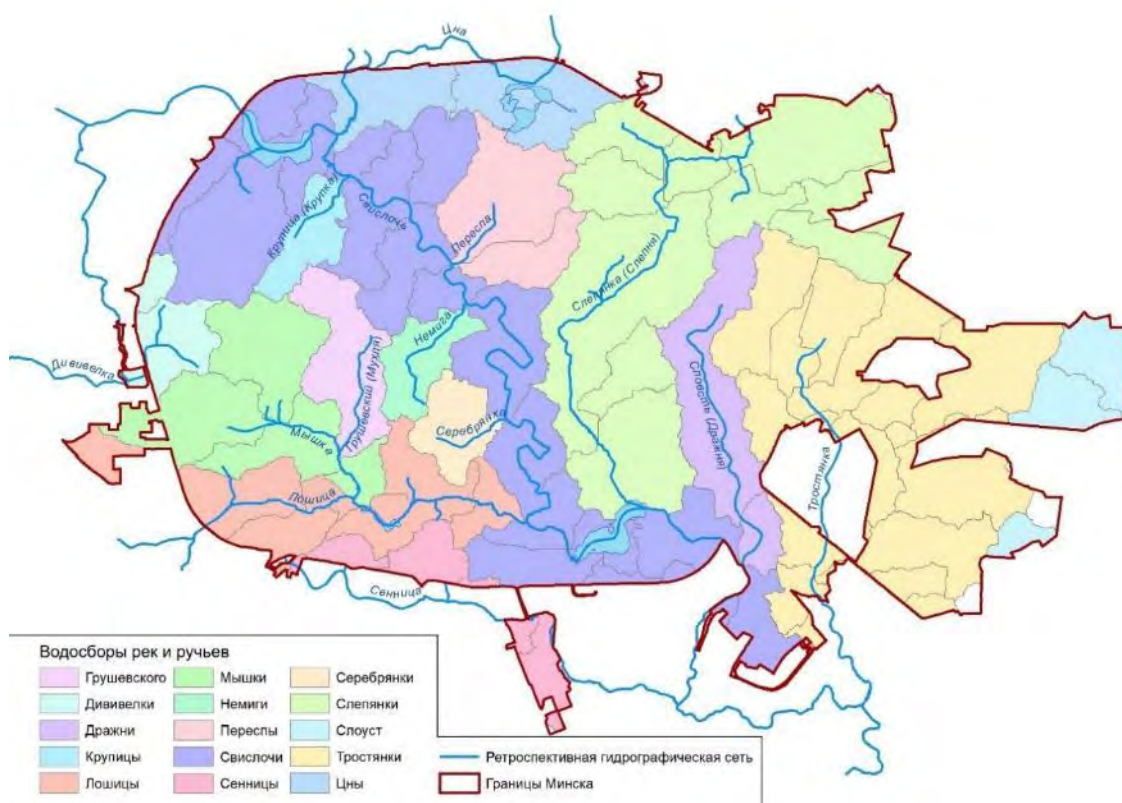


Рис. 2. Ретроспективная гидрографическая сеть г. Минска

Выделение водосборов коллекторов дождевой канализации. Для получения слоя коллекторной сети была оцифрована схема дождевой канализации города Минска с расположением очистных сооружений. По данным реестра выпусков сточных вод в поверхностные водные объекты г. Минска были получены местоположения выпусков коллекторов.

Далее выполнялось картографирование водосборов коллекторов. Для этого выделенные локальные водосборы классифицировались по принадлежности к одному из коллекторов: водосборы, на территории которых размещаются трубы только одного коллектора, определяются как часть водосбора данного коллектора; если через территорию локального водосбора проходят трубы более чем одного коллектора, то он разбивается на несколько частей, каждая из которых классифицируется как часть водосбора одного из этих коллекторов. При этом разделение территории водосбора проводится с учетом направления поверхностного стока и конфигурации улично-дорожной сети.

В результате были выделены водосборы семи крупных коллекторов, водосборы мелких коллекторов, а также водосборы без сети дождевой канализации (поверхностный сток с территории которых не собирается ни одним из коллекторов) (рис. 3).

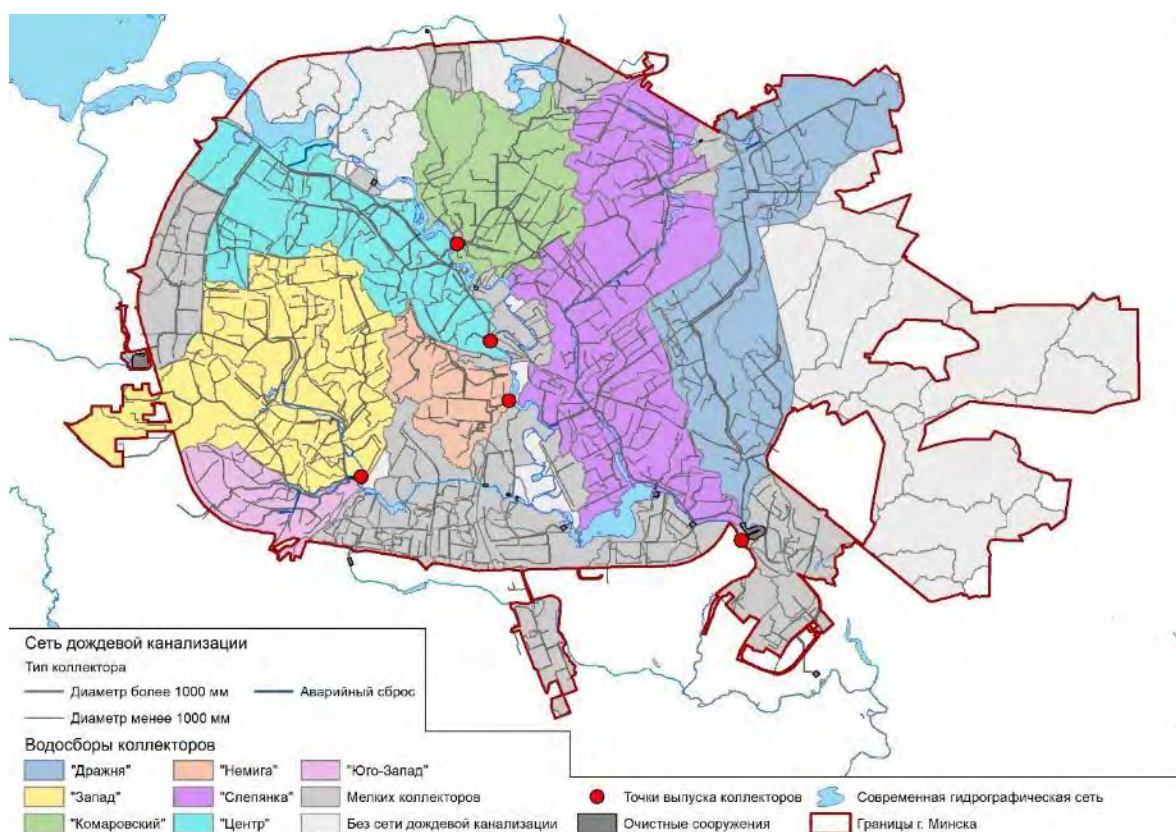


Рис. 3. Водосборы коллекторов дождевой канализации на территории г. Минска

Выявление участков трансформации. Строительство системы дождевой канализации для отвода формирующегося на территории города поверхностного стока привело к существенной трансформации водосборов

естественных водотоков [8]. Для выявления участков территории города, подвергшихся трансформации, выделялись водосборы, сток с которых в настоящее время отводится коллектором, наследующим бассейн естественного водотока, к которому данный водосбор не относится. В результате была составлена карта трансформации пространственной структуры естественных водосборов на территории г. Минска (рис. 4).

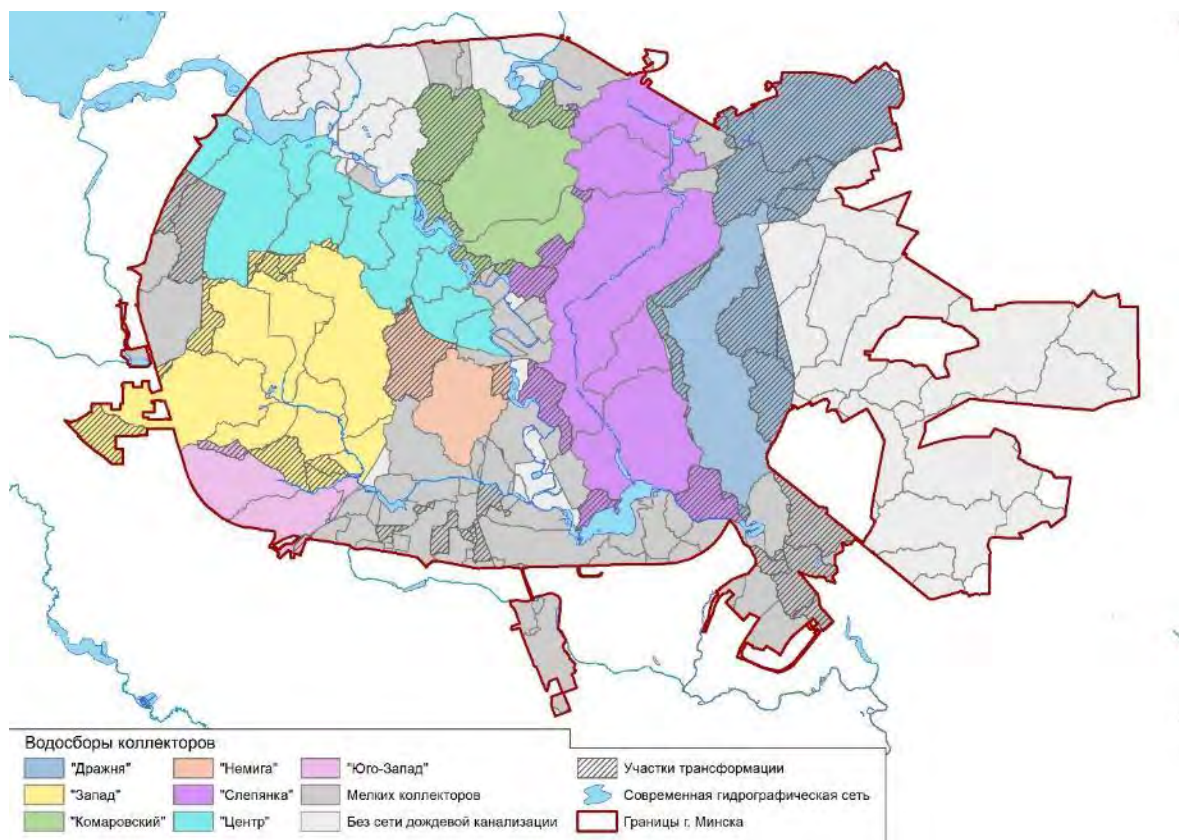


Рис. 4. Трансформация пространственной структуры естественных водосборов на территории г. Минска

Таким образом, согласно полученным результатам, более 17,9 % (59,3 км²) (без учета территории Нац. аэропорта «Минск» и мкр. Сокол) площади водосборных территорий г. Минска подверглось трансформации в результате антропогенного преобразования естественной гидрографической сети города.

Результаты исследования могут быть использованы для дальнейшего изучения экологических, а также иных аспектов влияния антропогенного воздействия на гидрографическую сеть территории г. Минска.

Библиографические ссылки

1. *Пьянков С. В., Шихов А. Н.* Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2017. 148 с.
2. Использование ГИС-моделирования для оценки гидрологических процессов / Д. М. Курлович [и др.] // Вестник БГУ. Серия 2: Химия. Биология. География. 2013. № 2. С. 75-80.
3. Визуализация гидрологической обстановки в бассейнах крупных рек средствами ГИС-технологий / С. В. Борщ [и др.] // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2013. № 349. С. 47-62.
4. *Куракина Н. И., Ковчик В. С.* Геоинформационная система моделирования гидрологических процессов подтопления территории // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2020. № 5. С. 66-73.
5. Arc Hydro: GIS for Water Resources [Electronic resource] / Esri. URL: <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/sitecore-archive/Files/Pdfs/library/fliers/pdfs/archydro.pdf> (date of access: 15.02.2023).
6. *Чумаченко А. Н., Хворостухин Д. П., Морозова В. А.* Построение гидрологически-корректной цифровой модели рельефа (на примере Саратовской области) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2018. Т. 18. № 2. С. 104-109.
7. *Савич-Шемет О. Г., Томина Н. М., Аницух Ю. П.* Оценка антропогенной преобразованности водосборов малых рек города Минска // Природопользование. 2010. Вып. 18. С. 74-80.
8. *Овчарова Е. П.* Эколого-геохимическая оценка поверхностного стока с городской территории (на примере г. Минска): автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Минск: Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси, 2006. 22 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Е. А. Гуринович¹⁾, Д. М. Курлович²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
2203030, г. Минск, Беларусь, email: geo.gurinoviEA@bsu.by

²⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
2203030, г. Минск, Беларусь

Качество 3D-моделей, полученных из облаков точек, часто не соответствует желаемому результату. В работе описывается методика создания презентабельной и пригодной для дальнейшего использования 3D-модели городской территории, создаваемой на основании фотограмметрической модели, полученной с помощью БПЛА. Рассматриваются методы сбора и обработки фотографических данных, а также подходы к визуализации трехмерных моделей.

Ключевые слова: 3D-моделирование; ретопология; фотограмметрия.

IMPROVEMENT OF PHOTOGRAMMETRIC MODELS ON THE EXAMPLE OF URBAN AREAS

Е. А. Gurinovich¹⁾, D. M. Kurlovich²⁾

¹⁾ Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4,
2203030, Minsk, Belarus, email: geo.gurinoviEA@bsu.by

²⁾ Belarusian State University, 4 Nezavisimosti Av. 4,
2203030, Minsk, Belarus

The quality of 3D models obtained from point clouds often does not correspond to the desired result. The paper describes a technique for creating a presentable and suitable for further use 3D model of an urban area, created on the basis of a photogrammetric model obtained using a UAV. Methods for collecting and processing photographic data, as well as approaches to visualizing three-dimensional models are considered.

Keywords: 3D modeling; retopology; photogrammetry.

Ранее, в большинстве случаев, объекты в 3D отображались на основе топографических карт, высотная часть выполнялась «выдавливанием», а текстура наносилась рисунком из заданного каталога.

Развитие вычислительной мощности как центральных, так и графических процессоров сделало возможным появление фотограмметрического программного обеспечения, способного превратить набор фотогра-

фий объекта в реалистичную измерительную трехмерную модель [1]. Однако в настоящее время методы создания 3D-моделей на основе фотограмметрической обработки изображений недостаточно оптимизированы.

Для проекта выбран жилой квартал г. Слуцка, ограниченный ул. Чехова, ул. Зеленая, ул. 14 Партизан, ул. Борисовца, включающий как многоэтажки, так и частные дома и иные строения.

Съемка производилась БПЛА Geoscan 201 предприятием «Бел-ПСХАГИ». Предварительная обработка по выравниванию снимков, созданию облака точек (рис. 1) и полигональной модели выполнялась в ПО Agisoft Metashape на высоких параметрах.

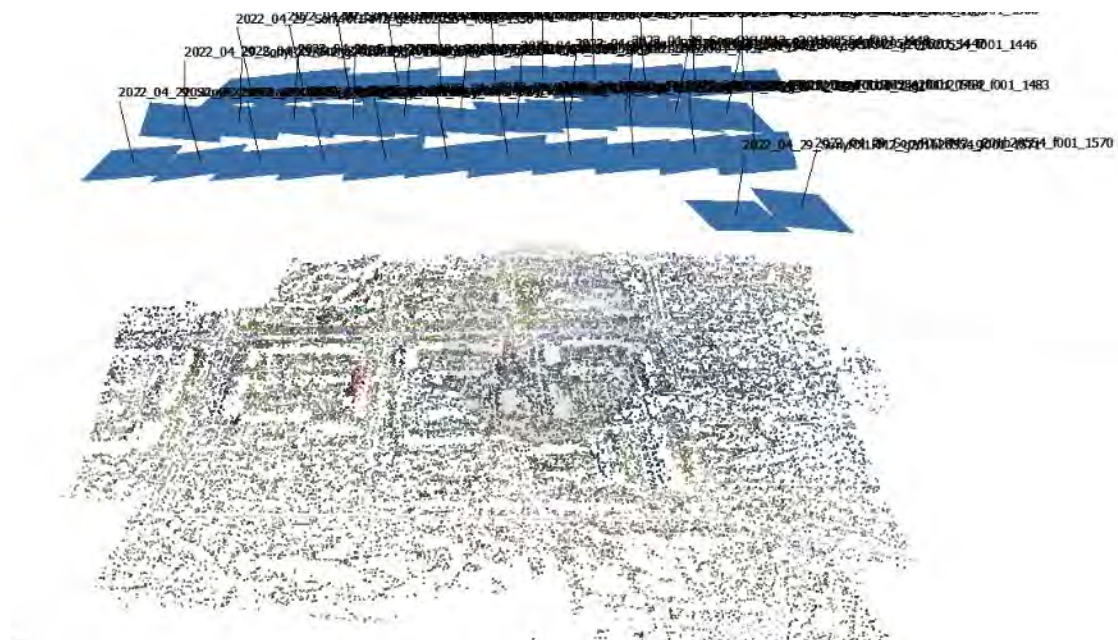


Рис. 1. Выровненные снимки и построенное разреженное облако точек

Нередко на фотограмметрических моделях присутствуют дефекты, такие как: нечеткость текстуры, неровность плоскостей (рис. 2), попадание одних объектов на другие, поэтому для дальнейшего эффективного использования предлагается способ их доработки.



Рис. 2. Примеры дефектов фотограмметрической модели

Сегодня количество программных продуктов, предназначенных для 3D-моделирования, доходит до нескольких десятков. В работе использовался свободно распространяемый 3D-редактор Blender, с открытым исходным кодом.

Основными критериями оптимизации 3D-модели являются топология и количество полигонов. Для создания 3D-модели, имея как исходные данные фотограмметрическую модель, выделено два основных способа:

создание новой модели, на основе обмеров исходной. Один из плюсов создания объектов с нуля – низкополигональное моделирование. Чем больше полигонов, тем более модель может походить на оригинал, однако есть обратная сторона: понижение производительности. Поэтому преимуществом данного метода является небольшой объем данных и меньший контроль за взаиморасположением составляющих объекта;

ретопология. Данный метод рационален для большого количества объектов на территории, так как позволяет не изменять объекты, не имеющие дефектов. А также имеет большую реалистичность, если в дальнейшем не создается фактура.

Ретопология предполагает создание новой полигональной сетки, которая повторяет форму исходного объекта с меньшим количеством полигонов, позволяя избавиться от артефактов, неровностей и добиться детальности без дополнительных измерений. Этот способ дает возможность достаточно точно воспроизвести модель, даже если она построена по фотографиям с телефона. Минусом данного метода является то, что многие 3D-приложения не поддерживают большой объем данных, в частности мешей, или им сложно их обработать, что усложнит построение сразу целого города, и потребует выше стандартных мощности компьютера.

Модель без артефактов представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Отредактированная модель без текстур

Следующий этап – текстурирование – один из важнейших этапов создания и визуализации трёхмерных объектов. Перед нанесением текстур делается UV-развертка объекта – это проецирование всех его граней на плоскость. Текстуру, в зависимости от качества фотограмметрической модели и конечной цели, можно снять непосредственно с модели либо взять с фото со съемки, предварительно подкорректировав в ПО Adobe Photoshop. При больших потерях данных лучше использовать фотографии, сделанные на фотокамеру вручную. Сложные для воспроизведения съемкой материалы, как окна, металл, создаются в приложении (рис. 4).

Неотъемлемый элемент городской среды – растительность. Она моделировалась с помощью Blender и Paint 3D.

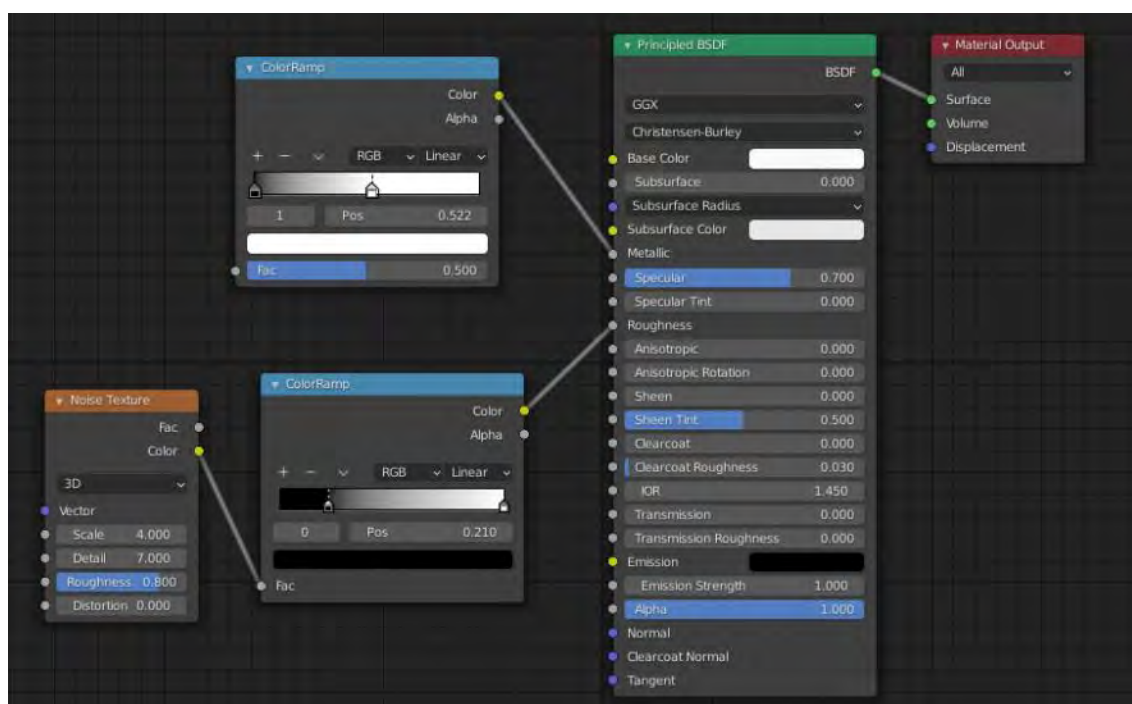


Рис. 4. Схема одного из созданных материалов

Получившаяся модель (рис. 5) передает структуру и текстуру объектов. Так как размерность строений достаточно точно соответствует действительности, по ней можно вычислять площади и использовать для примерного расчета количества материала для покраски зданий и тому подобных работ.

Наличие 3D-модели территории позволяет проводить различные типы анализа, которые требуют размещения запланированного архитектурного проекта в ее контексте. Как правило, полигональное моделирование относится к пустотелому, благодаря чему в данную модель можно добавить внутреннее устройство объекта, такое как планировка помещений,

дизайн-проект. Существование цифровой модели значительно упрощает работу риелторских агентств.

Приведенные методики применимы не только для создания моделей застройки, но и, например, автомобилей, памятников архитектуры.



Рис. 5. Итоговая 3D-модель

Создание трёхмерной модели – это многоэтапный и сложный процесс, который может осуществляться множеством способов, в зависимости от целей, сроков и иных особенностей производства. Интернет-ресурс с детализированной 3D-моделью города может стать не только новым инструментом для городского планирования, мониторинга городской застройки и землепользования, но и платформой для информирования населения о предлагаемых архитектурных и градостроительных решениях, доступным местом для обсуждения городских проблем [2]. Модель является редактируемой, поэтому ее не сложно актуализировать при повторном облете либо визуальном осмотре.

Библиографические ссылки

1. Сравнение методов аэрофотограмметрии и трехмерного лазерного сканирования для создания трехмерных моделей сложных объектов / Сирил Новел (Cyril Novel) [и др.] // CADMASTER. Арх. и строит. 2016. № 2. С. 102–106.

2. Корнев В. И. Использование цифровых технологий и 3d-моделирования в градостроительной деятельности (на примере города Томска) [Электронный ресурс] / В.И. Корнев, Вестник Томского Государственного архитектурно-строительного университета, 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tsifrovyyh-tehnologiy-i-3d-modelirovaniya-v-gradostroitelnoy-deyatelnosti-na-primere-goroda-tomska> (дата обращения: 04.11.2023).

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК ПРИ ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Ф. С. Гутько¹⁾, А. Л. Киндеев²⁾

*¹⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
2203030, Беларусь, email: gytko.filip12@gmail.com*

*²⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
2203030, Беларусь*

Одной из областей применения геостатистики в земледелии является точное земледелие, которое базируется на использовании глубокого анализа данных и применении геостатистических методов. Точное земледелие позволяет учитывать множество факторов, таких как рельеф, тип почвы, кислотность, климатические условия и многие другие, позволяет более эффективно использовать ресурсы при проведении известкования почвы, внесения удобрений.

Ключевые слова: геостатистический анализ; точное земледелие; кислотность почвы; сельское хозяйство; экономические издержки; известкование.

GEOSTATISTICAL ANALYSIS OF SOIL ACIDITY TAKEN INTO ACCOUNT OF ECONOMIC COSTS IN PRECISION AGRICULTURE

F. S. Gutko¹⁾, A. L. Kindeev²⁾

*¹⁾ Belarusian State University, Independence Ave., 4, 2203030, Belarus,
email: gytko.filip12@gmail.com*

²⁾ Belarusian State University, Independence Ave., 4, 2203030, Belarus

One of the areas of application of geostatistics in agriculture is precision agriculture, which is based on the use of in-depth data analysis and the use of geostatistical methods. Precision farming makes it possible to take into account many factors, such as topography, soil type, acidity, climatic conditions and many others, and allows for more efficient use of resources when liming the soil and applying fertilizers.

Keywords: geostatistical analysis; precision agriculture; soil acidity; Agriculture; economic costs; liming.

В последние годы в мире наблюдается развитие концепции точного земледелия, поддерживаемого высокими технологиями, или «точного земледелия». В основе точного земледелия лежит управление продуктивностью посевов, учитывающее вариабельность среды обитания растений. Целью точного земледелия является получение максимальной прибыли

при условии оптимизации производства, экономии удобрений, известии, ядохимикатов, воды, рационального использования природных ресурсов, защите окружающей среды.

В нашей стране точное земледелие менее развито, так как внедрение «точного земледелия» связано с одной стороны с техническим обеспечением, с другой стороны – с получением подробной и точной информации о конкретном поле. Одной из ключевых технологий, которая обеспечивает эту точность, является геостатистика. Геостатистика это методология, которая позволяет анализировать и интерпретировать пространственные данные и выделять закономерности в распределении параметров в пространстве и времени. Она позволяет улучшить качество и эффективность земледельческой деятельности, оптимизировать использование ресурсов и повысить урожайность.

Применительно к точному земледелию можно выделить несколько этапов геостатистического анализа: первичная статистическая обработка; вариография – анализ и описание пространственной корреляционной структуры данных на основе различных статистических (математических) моделей; кросс-валидация – проверка и сравнение статистических погрешностей математических моделей; построение картограмм с помощью кригинга.

Объектом исследования настоящего исследования являются почвы 5 опытных участков, заложенных на территории Барановичского района Брестской области. Участки являются действующими сельскохозяйственными полями местного К(Ф)Х.

На основании различий в площади 5 опытных участков была сгенерирована сетка пробоотбора с шагом в 70 м на участках №1 и №3, с шагом в 50 м на участке №2, с шагом 40 м на участке № 4 и с шагом 20 м на участке №5 – суммарное количество точек составило 565 штук. На опытном участке №1 было отобрано 198 почвенных образцов, на участке № 2 – 82, на участке №3 – 105, на участке № 4 – 72, на участке №5 – 108 почвенных образцов. Отбор проб производился с глубины 0–20 см.

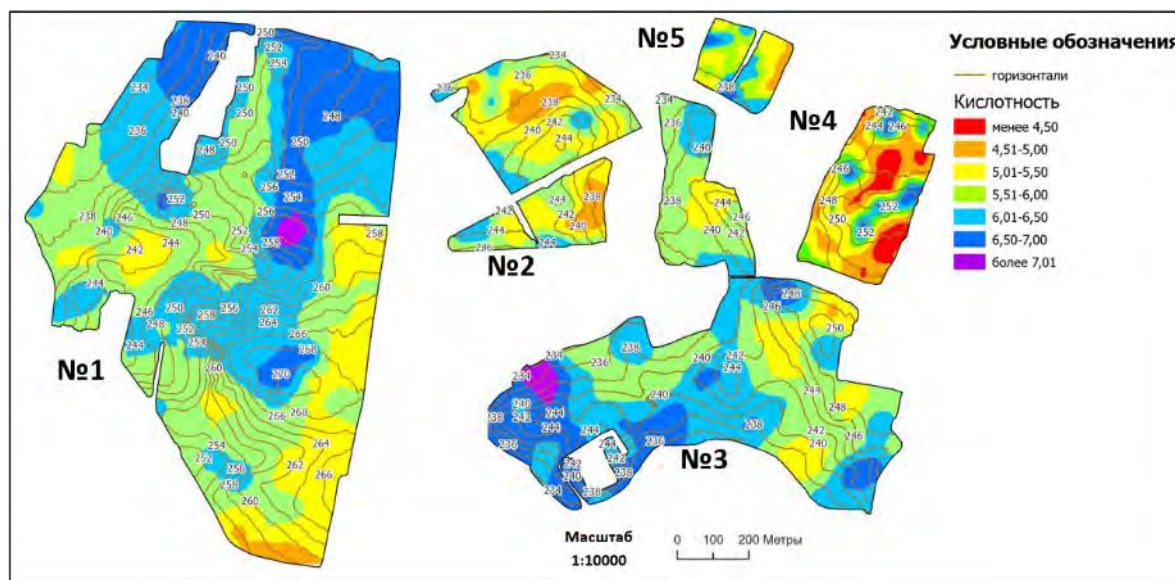
Значения pH по KCl были получены потенциометрически в лаборатории. Геостатистический анализ проводился по стандартной методике: после проверки на нормальность распределения вычленялись детерминированные (глобальные) тренды.

Далее при проведении вариограммного анализа определяется оптимальная модель вариограммы для каждого опытного участка, для которых рассчитываются такие показатели как наггет, порог, ранг и остаточная дисперсия.

Кроме визуального сходства и экспертной оценки, качество вариограммного анализа оценивалось по значению средней ошибки прогноза,

среднеквадратичной ошибки и среднеквадратической нормированной погрешности, являющихся количественными мерами точности подбора математической модели вариограммы к эмпирической.

Заключительным этапом геостатистического анализа является построение картограмм кислотности почв исследуемых участков при помощи инструментов интерполяции (метод грида) (рисунок).



Картограмма кислотности опытных участков

Далее была составлена картограмма кислотности, составленная по методике агрохимического обследования земель, утвержденной в Республике Беларусь. Все земли хозяйства были разделены на рабочие участки, согласно принципу их использования и севообороту, и определена кислотность для каждого рабочего участка.

Отдельно был проведен анализ кислотности почвы с учетом экономических издержек при точном земледелии. Для этого было рассчитано количество необходимой доломитовой муки для внесения в почвы по методу агрохимических исследований и методу грида, стоимость которой в Республике Беларусь на момент проведения исследования (2023 г.) составляла 12 долларов США. Результаты расчетов представлены в таблице.

Согласно сводной ведомости по затратам на известкование земель КФХ в целом внесение доломитовой муки методом грида гораздо дешевле, чем методом агрохимических исследований, что позволяет экономить денежные средства хозяйства в размере около 1600 руб. На всех участках, кроме №3, метод грида значительно уменьшает объемы внесения CaCO_3 . Но при этом на участке №3 наблюдается обратная ситуация. Это говорит

о том, что на данном участке имеются значительные колебания кислотности почвы, которую нельзя увидеть при проведении агрохимического обследования. Внесение дополнительных объемов доломитовой муки на данном участке по методу грида, позволит увеличить эффективность земель и увеличения урожайности.

Сводная ведомость по затратам на известкования земель КФХ

Номер участка	Агрохимическое обследование		Метод грида		Дельта (разница)	
	CaCO ₃ , тонн	Затраты, руб.	CaCO ₃ , тонн	Затраты, руб.	CaCO ₃ , тонн	Затраты, руб.
1	150	1804	90,2	1082,4	59,8	721,6
2	61,3	735	12,7	151,8	48,6	583,2
3	21	252	50	600	-29	-348
4	39,9	478,8	38,4	460,8	1,5	18
5	10,8	130	6,9	82,8	3,9	47,2
Всего	283	3399,8	198,2	2378,4	84,6	1621,4

Результаты данного исследования заключаются в том, что геостатистический анализ данных позволяет определить наличие ошибок и выбросов в данных, оценить основные статистические закономерности. Вариография позволяет определить пространственную корреляционную структуру свойств почв на опытных участках и определить оптимальную модель и метод интерполяции полученных данных. Геостатистический анализ позволяет максимально точно и научно обоснованно строить картограммы кислотности почв экспериментальных площадей с помощью инструментов интерполяции. В целом геостатистика позволяет улучшить качество и эффективность земледельческой деятельности, оптимизировать использование ресурсов и повысить урожайность.

Библиографические ссылки

1. *Киндеев А. Л.* Перспективные направления геостатистического анализа и стохастического моделирования с учетом экономических издержек при точном земледелии.
2. *Клебанович Н. В., Киндеев А. Л., Сазонов А. А.* Геостатистический анализ при картографировании пространственной неоднородности влажности и кислотности почв. 2021.
3. *Красильников П. В.* Геостатистика и география почв; Ин-т биологии КарНЦ РАН. М.: Наука, 2007.

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА ПО ДАННЫМ БЛА

З. А. Десюкевич¹⁾, А. В. Пашкевич²⁾, М. А. Гуцаки³⁾

*^{1), 2)} Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская, 16,
220030, г. Минск, Беларусь*

*³⁾ Государственное предприятие «БелПСХАГИ», ул. Мира, 1а,
223011, аг. Прилуки, Беларусь*

В статье изучены теоретические основы выполнения аэрофотосъемки, а также принципы ее выполнения с помощью БЛА, выполнена работа по построению трехмерной модели местности на заданную территорию в ПО Agisoft Metashape, рассмотрены области применения трехмерного моделирования.

Ключевые слова: 3D-модель, дистанционное зондирование, аэрофотосъемка с беспилотного летательного аппарата, Agisoft Metashape, трехмерная модель местности на территорию аг. Прилуки, БЛА.

CREATION OF A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF A SETTLEMENT BASED ON BLA

Z. A. Desyukevich¹⁾, A. V. Pashkevich²⁾, M. A. Hutsaki³⁾

^{1), 2)} Belarusian State University, Leningradsaya str., 16, 220030, Minsk Belarus

³⁾ State Enterprise «BelPSHAGI», Mira str., 1a, 223011, Priluki, Belarus

The article studies the theoretical basis of aerial photography, as well as the principles of its implementation with the help of UAV, the work on the construction of a three-dimensional terrain model for a given area in Agisoft Metashape software is performed, the areas of application of three-dimensional modeling are considered.

Keywords: 3D model, remote sensing, aerial photography from an unmanned aerial vehicle, Agisoft Metashape, 3D terrain model for the territory of Priluki, UAV.

На сегодняшний день в дистанционном зондировании широкое распространение получили беспилотные летательные аппараты, которые позволяют оперативно получать данные земной поверхности с использованием радиоуправляемых авиамodelей с установленным цифровым оборудованием. Современные беспилотные аэрофотосъемочные комплексы позволяют обеспечить разрешение снимков – от 1.5 см, и точность определения координат до 1 см на местности. К основным преимуществам

БЛА относятся оперативное получение точной информации о небольшой территории местности, отдельных объектов, сооружений и зданий.

На данный момент на территории Республики Беларусь аэрофотосъемочные работы выполняются в основном при помощи самолетов либо же беспилотных летательных аппаратов.

К преимуществам аэрофотосъемки с БЛА относятся возможность получения изображений с высокой точностью и разрешением, экономия времени и средств, возможность выполнения съемки в труднодоступных местах и динамической съемки. В целом, технология выполнения аэрофотосъемки с БЛА является надежным и эффективным способом получения информации о поверхности земли, который находит все большее применение в различных отраслях.

В настоящее время материалы БЛА используются в различного рода исследованиях, в том числе и для решения задач трехмерного моделирования.

3D-моделирование представляет собой процесс разработки математического представления любой поверхности объекта в трех измерениях помощью специализированного программного обеспечения. Продуктом трехмерного моделирования является 3D-модель. Трехмерные модели представляют собой физическое тело, использующее набор точек в трехмерном пространстве, соединенных различными геометрическими объектами, такими как треугольники, линии, изогнутые поверхности и т.д. На их поверхности впоследствии могут накладываться различные текстуры.

Спектр применения трехмерных информационных моделей очень широк. В него входят:

Крупные инженерные работы;

Трехмерное городское планирование;

Взаимодействие с горожанами и принятие управленческих решений;

Ландшафтное проектирование;

Исследование и мониторинг окружающей среды;

Рынок недвижимости, маркетинг и реклама;

Учебные симуляторы, компьютерные игры;

Если обобщить различные сферы применения, 3D-моделирование и визуализация необходимы для:

оценки физических и технических особенностей объекта еще до его создания в оригинальном размере, материале и комплектации;

повышения качества управления;

создания 3D-моделей будущего экстерьера/интерьера.

Для создания 3D-модели местности в качестве исходных данных использовались аэрофотосъемочные материалы, предоставленные государ-

ственным предприятием «БелПСХАГИ». Данные дистанционного зондирования получены в ходе аэрофотосъемки беспилотным летательным аппаратом DJI Phantom 4 Pro v2.0.

Для создания 3D-модели использовалось 1052 изображения территории аг. Прилуки. Преимуществом данного БЛА является сохранение GPS-координат (геотэггинг), что упрощает последующее построение и привязку 3D-модели (рис. 1).

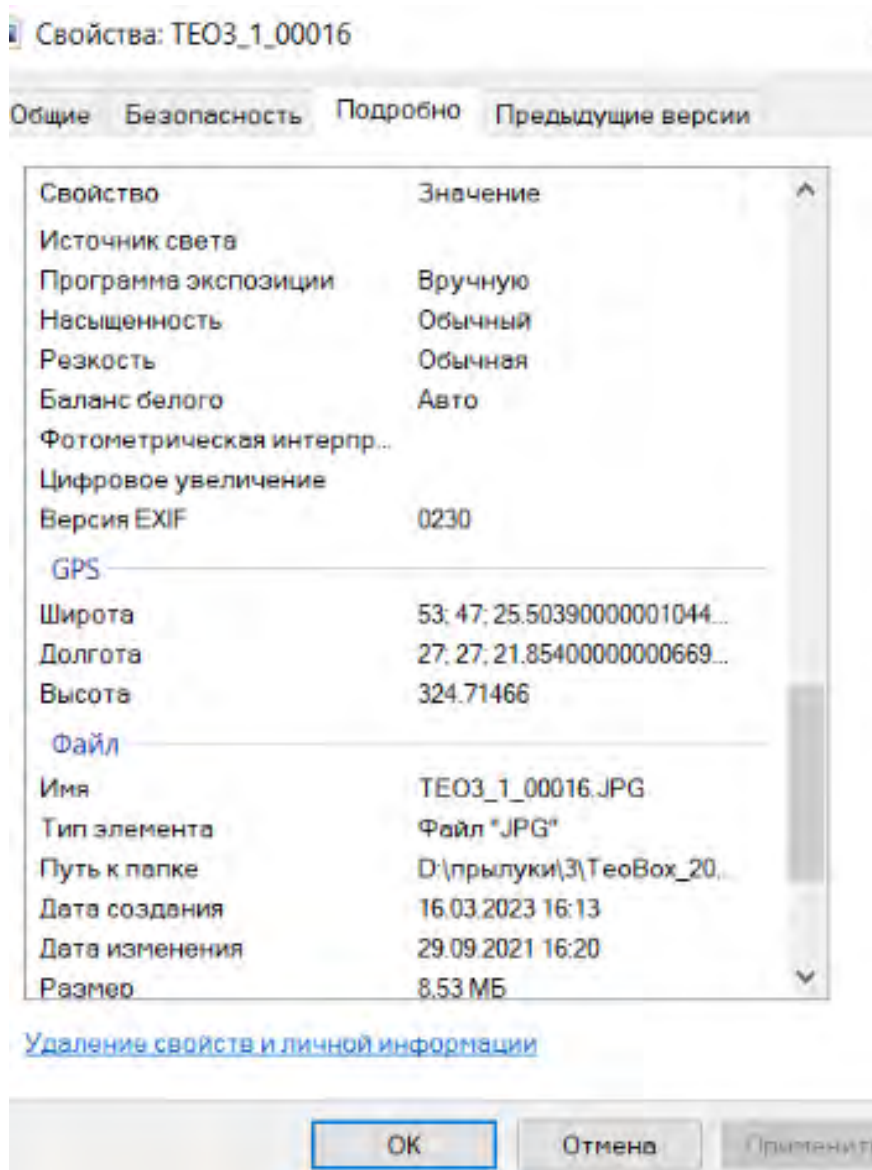


Рис. 1. Снимок экрана свойств файла снимка

Обработка данных выполнялась при помощи специализированного ПО – программного продукта Agisoft Metashape версии 1.6.

Первым этапом при обработке данных аэрофотосъемки является выравнивание снимков. В ходе выравнивания снимков получены средние ошибки по координатам центров фотографирования, находящиеся в допуске.

Средняя ошибка по координатам центров фотографирования

Ошибка, X (м)	Ошибка, Y (м)	Ошибка, Z (м)	Ошибка XY (м)	Общая ошибка (м)
0.016345	0.019825	0.015961	0.030247	0,082378

Примечания. X – долгота, Y – широта, Z – высота

После выравнивания снимков создается плотное облако точек [1]. На основе плотного облака точек производится построение тайловой модели (рис. 2).



Рис. 2. Тайловая 3D-модель на территорию аг. Прилуки

Тайловая модель представляет собой особый формат модели, который содержит пирамиду масштабов в виде небольших блоков и позволяет визуализировать большие 3D-модели с высоким разрешением и детализацией. Формат иерархических тайлов удобно использовать при создании моделей объектов большой площади (например, населенных пунктов) [8].

Полученная тайловая 3D-модель является достаточно детализированной, поскольку съемка беспилотным летательным аппаратом производится на небольшой высоте. Точность камер БЛА – 5 см, что говорит о достаточно четких и выразительных данных. Для получения аэрофотоснимков хорошего качества учитываются погодные условия и наличие густой растительности.

Детальность трехмерной модели дает возможность определять основные характеристики объектов, такие как площадь земельных участков

и капитальных строений, их высоту, оценивать местоположение и окружающую инфраструктуру исследуемого объекта, устанавливать материал изготовления строений и их цвет и возраст. Определение данных показателей сокращает время на полевое обследование объектов недвижимого имущества, а также позволяет проводить их кадастровую оценку.

В дальнейшем применение современных ГИС с возможностью 3D-визуализации и наложения дополнительных слоев позволит перейти от использования традиционной ортофотоподложки в веб-ресурсах к трехмерным моделям местности, что будет олицетворять собой новую ступень развития геопространственных данных в целом.

Тайловые модели являются хорошими подложками для электронных карт. На основе их можно производить векторизацию улично-дорожной сети, ЛЭП, канализационных люков, а также контуров зданий для последующего нанесения атрибутивной информации.

Оцифровка объектов проводится в программном продукте Agisoft Metashape. Во избежание пробелов полигоны необходимо было связывать между собой. Возможность векторизовать объекты в 3D (то есть на модели) позволяет отобразить подвалы, фундаменты зданий и другие скрытые объекты, которые невозможно рассмотреть на ортофотоплане (рис. 3).

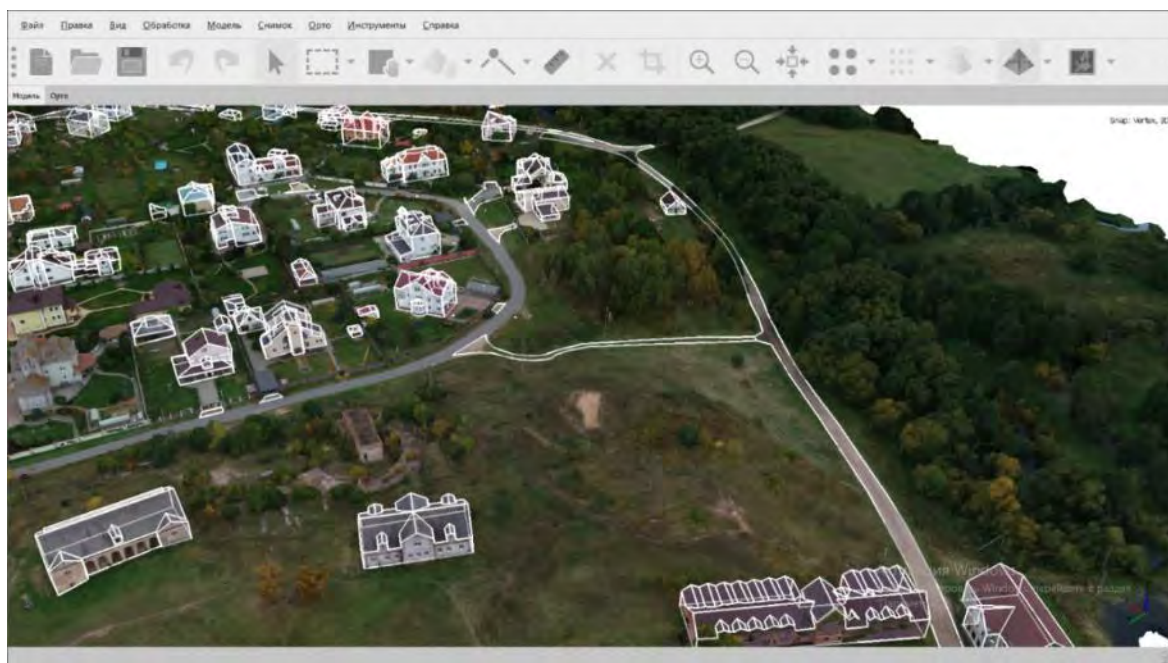


Рис. 3. Пример векторизации южной часть аг.Прилуки

Для добавления семантики объектов или атрибутов используется ПО Геоскан Спутник. Программный продукт поддерживает работу с тайловыми моделями и 3D-моделями.

Таким образом на рисунке 4 отображены оцифрованные жилые строения и иные объекты недвижимости с добавленной индивидуальной атрибутивной информацией, включающей параметры строений, материалы, применяемые при строительстве, указанием инвентарных номеров, информации о земельных участках.



Рис. 4. Оцифрованная южная часть населенного пункта в ПО ГеоСкан Спутник с атрибутивной информацией

Синими линиями показаны линии электропередач, которые автоматически построены программным обеспечением. Результаты построения довольно корректны и в некоторых местах можно наблюдать провисание проводов.

Таким образом, трехмерное моделирование объектов местности с использованием БЛА позволяет упростить решение задач землеустроительной и кадастровой деятельности, связанных с пространственным анализом земельных участков и объектов недвижимости, при этом сокращая затраты на их обследование. Визуализация объектов местности в трехмерном измерении позволяет более качественно проводить мониторинг земель, осуществлять планирование территорий и получать о них более детальную информацию, необходимую для составления тематических карт различного вида.

В настоящее время трехмерное моделирование является очень перспективным направлением во многих сферах жизни. С его помощью можно отобразить в объеме не только существующие, но и проектируемые объекты.

3D-модель позволяет получать справочную информацию об объектах недвижимости внутри населенных пунктов, такую как этажность зданий, наличие пристроек и хозяйственных построек, а также материалы зданий.

3D-технологии ложатся в основу создания моделей «умный город», которые представляют собой трехмерные ГИС, позволяющие, не выходя из дома, получать наглядное представление об объектах инфраструктуры, быстро перемещаться по виртуальному городу, изучать обширные территории. Помимо визуального ознакомления с городом, такие ГИС дают возможность находить объекты путем ввода их адреса или координат и видеть, как они выглядят в реальности, в том числе в разное время суток, а также наблюдать за планами развития города.

Библиографические ссылки

1. Чибуничев А. Г. Фотограмметрия. Учебное пособие. М. МИИГАиК, 2022. 328 с.
2. Савиных В. П., Цветков В. Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. Учебное пособие. М.: Картгеоцентр-Геодиздат, 2001. 228 с.
3. Булавицкий В. Ф., Жукова Н. В. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории. Учебное пособие. Хабаровск: изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. 113 с.
4. Федотов Г. А., Неретин А. А. Основы аэрогеодезии и инженерно-геодезические работы. Учебное пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 272 с.
5. Тюкленкова Е. П. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Учебное пособие. Пенза: ПГУАС, 2016. 112 с.
6. Панасюк М. В., Сафиоллин Ф. Н., Логинов Н. А., Пудовик Е. М. Картография, фотограмметрия и дистанционное зондирование Земли. Учебное пособие. Кз., 2018. 121 с.
7. Обиралов А. И., Лимонов А. Н., Гаврилова Л. А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Учебное пособие. М.: КолосС, 2006. 334 с.
8. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. Учебное пособие. М., 2010. 560 с.
9. Руководство пользователя Agisoft Metashape Professional Edition, версия 1.5 [Электронный ресурс]. 2019. URL: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf (дата обращения: 07.10.2023).
10. Руководство пользователя ГИС Спутник, Выпуск 1.4 [Электронный ресурс]. 2019. URL: https://download.geoscan.aero/sputnik/Sputnik_Manual_1.4_ru.pdf (дата обращения: 13.09.2023).
11. Сайт «ГУСГЕОКОМ» [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://www.rusgeo.com/vyipolnenie-polnogo-kompleksa-rabot-poaerofotosyomke-mestnosti> (дата обращения: 22.09.2023).
12. Сайт программного комплекса Agisoft [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://www.agisoft.com/> (дата обращения: 03.09.2023).
13. Сайт ГК «Геоскан» [Электронный ресурс]. – 2023. URL: <https://www.geoscan.aero/ru/software/sputnik/gis> (дата обращения: 10.04.2023).
14. Чудинов С. А. Технология аэрофотосъемки при изысканиях автомобильных дорог. Учебное пособие. Ек., 2020. 103 с.
15. Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований. Учебное пособие. М., 2011. 416 с.

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ОЗЕРЕ ТАЙХУ ПО ДАННЫМ КИТАЙСКОГО СПУТНИКА ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ HJ-B1

С. Жун¹⁾, Н. А. Шестаков²⁾

¹⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь, email: marshmallowsnicole@gmail.com*

²⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь*

В работе представлены результаты расчёта концентрации хлорофилла в воде оз. Тайху (провинция Цзянсу, Китай) на основе анализа мультиспектральных спутниковых данных HJ-1B (CCD1) и данных отбора проб воды. Определение концентрации хлорофилла выполнялось путём расчёта относительного вегетационного индекса RVI по спутниковому изображению и инвертированию индексных значений в значения концентрации с применением метода подгонки кривых в ENVI 5.6.

Ключевые слова: мониторинг качества воды; концентрация хлорофилла; озеро Тайху; данные ДЗЗ; HuanJing-1B.

WATER QUALITY MONITORING OF TAIHU LAKE BASED ON HJ-B1 CHINESE SATELLITE REMOTE SENSING DATA

X. Rong¹⁾, N. A. Shestakov²⁾

¹⁾ *Belarusian State University, Niezaliežnasci Av., 4,
220030, Minsk, Belarus, marshmallowsnicole@gmail.com*

²⁾ *Belarusian State University, Niezaliežnasci Av., 4,
220030, Minsk, Belarus*

The article presents the results of calculating the concentration of chlorophyll in the water of Taihu lake (Jiangsu Province, China) based on analysis of HJ-1B (CCD1) multi-spectral satellite data and water sampling data. Chlorophyll concentration was calculated with applying of the Relative Vegetation Index (RVI) to the satellite image and inverting index values into concentration values using the curve fitting method in ENVI 5.6.

Keywords: water quality monitoring; chlorophyll concentration; Lake Taihu; remote sensing data; HuanJing-1B.

Одним из актуальных направлений практического применения данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является экологический мониторинг водных объектов. Сохранение и поддержание водных ресурсов и биологического разнообразия водных экосистем относится к приоритетным условиям национального устойчивого развития государств, в

особенности Китайской Народной Республики – страны с колоссальными масштабами промышленного производства, высокой численностью и плотностью населения, существенными экологическими проблемами. Порядка 75 % поверхностных вод Китая характеризуются высокой степенью загрязнения [1]. В связи с чем проведение исследований состояния и качества поверхностных вод как никогда актуально. Государственная поддержка развития аэрокосмических технологий в стране обеспечивает исследования в области экологии современной, оперативной и надёжной информацией об объектах земной поверхности в виде данных ДЗЗ. При этом наличие сегмента мультиспектральных данных дистанционного зондирования, полученных в оптическом диапазоне, доступность и возможность применения специализированного программного обеспечения, поддерживающего обработку снимков китайских спутников, формируют прочную основу для реализации исследований экологической направленности с применением дистанционных методов.

Цель исследования заключалась в анализе качества воды в оз. Тайху на основе мультиспектральных спутниковых данных HJ-B1.

Работа была выполнена во время прохождения студентом кафедры геодезии и космоаэрокартографии ФГиГ БГУ С. Жуном стажировки в китайской компании информационных технологий PIESAT (Aerospace Hongtu Information Technology Co. Ltd.) [2] в г. Пекине с 30.06.2023 г. по 16.09.2023 г.

Дистанционный мониторинг качества воды осуществлялся на примере оз. Тайху, расположенного в Восточном Китае (юг провинции Цзянсу). Тайху – 3-е по величине пресноводное озеро в Китае. Площадь водного зеркала составляет 2 200–2 500 км². Озеро является мелководным, максимальная глубина летом – 12 м, средняя глубина за год – 3,1 м. Озёрная котловина сформировалась около 4 500 лет назад на месте ударного кратера. Озеро связано с Великим китайским каналом, крупнейшей рекой Евразии – Янцзы, даёт исток для 224 рек. Площадь водосборного бассейна составляет порядка 35 000 км² (в озеро впадает 70 рек). В прибрежных районах развиты судоходство, рыболовство, туризм, по берегам расположены порты Шадуньган и Сюйкоуган. Водоём характеризуется высокой степенью эвтрофикации, что весьма актуально для целей исследования [3].

В качестве объекта исследования выступала вода оз. Тайху в пределах поверхностного слоя (эпилимниона). Предмет исследования – концентрация в воде хлорофилла *a*, содержащегося в озёрном фитопланктоне.

В качестве исходных данных ДЗЗ были использованы мультиспектральные спутниковые данные, полученные с космического аппарата HJ-

1В (CCD1). HuanJing-1 A, B, C (сокращённо – HJ-1A, HJ-1B, HJ-1C) – серия китайских спутников ДЗЗ, запущенных в 2008 и 2012 годах с целью мониторинга окружающей среды, прогнозирования и ликвидации последствий стихийных бедствий [4]. Спутник HJ-1B оснащён 2-мя съёмочными системами: широкоугольной камерой Wide View CCD Cameras (CCD1), производящей съёмку в 4-х зонах оптического диапазона (0,43–0,90 $\mu\text{м}$), и инфракрасной мультиспектральной камерой Infrared Multispectral Scanner (IRMSS), регистрирующей данные в 4 зонах ИК-диапазона (0,75–1,10; 1,55–1,75; 3,50–3,90; 10,5–12,5 $\mu\text{м}$) [5].

В работе использован мультиспектральный снимок HJ-1B (CCD1), полученный на исследуемую территорию за 06.10.2019 г. (рис. 1, таблица).



Рис. 1. Изображение озера Тайху на снимке HJ-1B (CCD1) за 06.10.2019 г. в синтезе каналов 3-2-1 (слева) и 4-3-2 (справа)

Параметры мультиспектрального спутникового изображения HJ-1B (CCD1)

Канал	Спектральное разрешение		Пространственное разрешение, м/пиксель
	$\lambda_{\text{центр}}$, $\mu\text{м}$	Спектральная зона	
Band 1 (Blue)	0,475	синяя	30
Band 2 (Green)	0,560	зелёная	30
Band 3 (Red)	0,666	красная	30
Band 4 (NIR)	0,830	ближняя ИК	30
Дата съёмки	06.10.2019 г.	Система координат	WGS-84
Время съёмки	03:01:31,33	Проекция	UTM (Zone 51N)

Исследование проводилось на базе программного комплекса (ПК) ENVI версии 5.6 [6]. Для реализации цифровой обработки снимков HJ-1A/B (CCD) в ПК ENVI и повышения её эффективности, предварительно были установлены 2 дополнительных инструмента: «Инструмент поддержки данных китайских спутников» («China Satellites Support»); «Инструмент подгонки кривых» («Curve Fitting»). Технологическая схема обработки данных ДЗЗ HJ-1B (CCD1) представлена на рисунке 2.

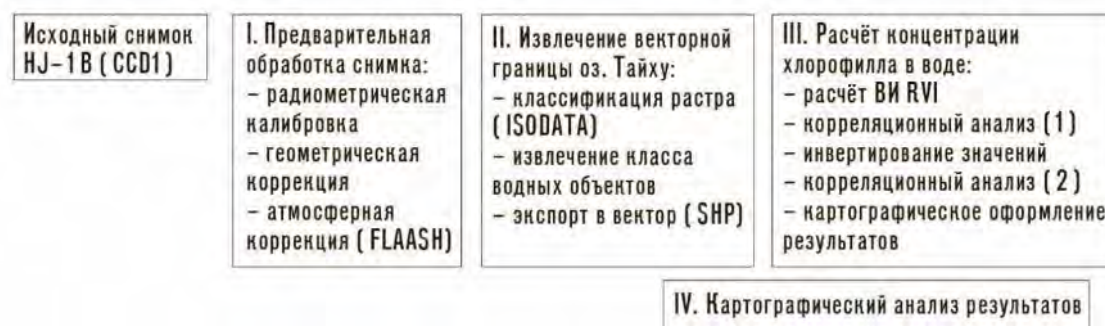


Рис. 2. Технологическая схема обработки данных ДЗЗ HJ-1B (CCD1) для мониторинга качества воды в оз. Тайху

Этап предварительной обработки данных ДЗЗ (preprocessing data) состоял из радиометрической калибровки, геометрической коррекции и атмосферной коррекции спутникового изображения.

Радиометрическая калибровка выполнялась в ENVI 5.6 с помощью инструмента «Radiometric Calibration» [7] и была направлена на устранение технических помех сенсора, пересчёт и реорганизацию структуры хранения спектральных данных снимка для дальнейшего проведения атмосферной коррекции по методу FLAASH.

Геометрическая коррекция с использованием инструмента «Image Registration Workflow» проводилась по методу опорных точек на основе предварительно подготовленного спутникового изображения Landsat-8 (OLI) на территорию исследования.

Для проведения *атмосферной коррекции* использовался модуль «FLAASH Atmospheric Correction». В качестве задаваемой модели атмосферы была выбрана «Тропическая» («Tropical») [7]. Сравнение кривых спектральной яркости водной растительности, полученных из изображения до и после атмосферной коррекции, представлено на рисунке 3.

На основе неконтролируемой классификации изображения по методу ISODATA была получена растровая маска, ограничивающая водную поверхность оз. Тайху (из класса водных объектов), по изображению которой была построена векторная граница береговой линии озера (рис. 4).

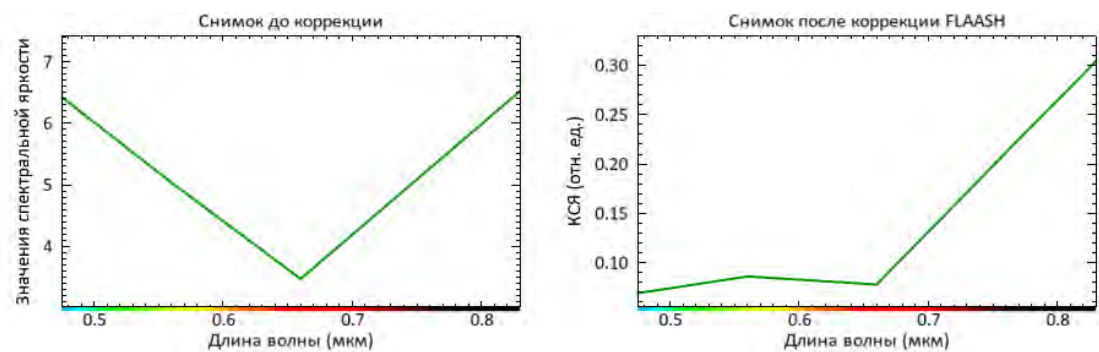


Рис. 3. Кривые спектральной яркости водной растительности, полученные из изображения до (слева) и после (справа) атмосферной коррекции методом FLAASH

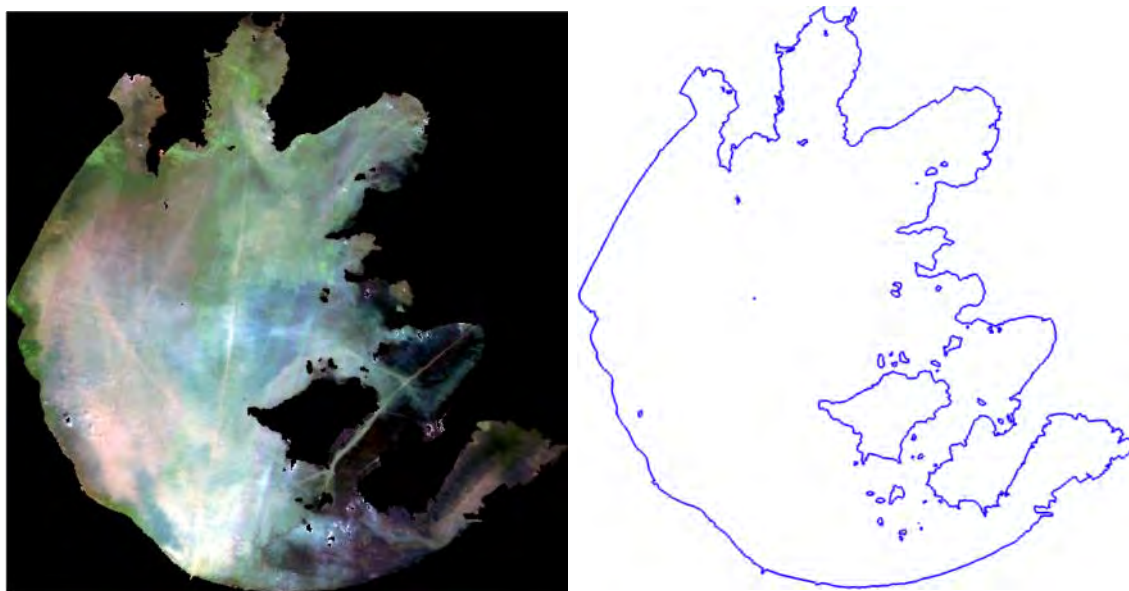


Рис. 4. Получение векторной границы оз. Тайху (справа) из слоя-маски (слева)

Одним из главных показателей гидробиологического анализа состояния водоёмов является концентрация в воде хлорофилла формы *a* ($C_{55}H_{72}Mg_1O_5N_4$), характеризующая, с одной стороны, уровень развития первичных планктонных продуцентов (фитопланктона) и являющаяся, с другой стороны, основным критерием определения степени биогенной нагрузки и трофности водных объектов [8]. Вместе с тем, данный показатель находит непосредственное отражение на материалах ДЗЗ, что даёт возможность выполнять мониторинг качества воды поверхностных водоёмов дистанционными методами. В случае, когда концентрация хлорофилла в воде высокая, наблюдается снижение спектральной яркости водной поверхности в синей зоне спектра и её увеличение – в зелёной, красной и инфракрасной зонах.

Определение концентрации хлорофилла *a* с использованием сопряжённых данных (данных ДЗЗ и данных наземных измерений) осуществлялось в 4 этапа:

- 1) расчёт относительного вегетационного индекса RVI по данным ДЗЗ;
- 2) валидация (контроль) индексных значений по результатам наземных измерений (точки отбора проб) путём проведения корреляционного анализа;
- 3) «подгонка» индексных значений с использованием инструмента подгонки кривой «Curve Fitting»;
- 4) картографический анализ результатов.

Относительный вегетационный индекс RVI (Ratio vegetation index) является наиболее широко распространённым вегетационным спектральным индексом, рассчитываемым как соотношение значений спектральной яркости, регистрируемых в ближней ИК-зоне спектра (NIR), к значениям, полученным в красной зоне (Red) [9]. Диапазон значений индекса варьируется от «0» до « $+\infty$ ». Расчёт индекса осуществлялся в ENVI 5.6 через инструмент «Band Math». Полученные значения индекса были экспортированы в Microsoft Office Excel и подготовлены для дальнейшего анализа.

На основе проведения *корреляционного анализа* была установлена *прямая линейная связь* между индексными значениями, рассчитанными по данным ДЗЗ и значениями, полученными в результате отбора проб воды в оз. Тайху. Величина *коэффициента детерминации* R^2 составила 0,78, что указывает на высокую степень тесноты связи между значениями, полученными дистанционными (спутниковыми) и наземными методами.

С использованием инструмента подгонки кривой «Curve Fitting» в ENVI 5.6 было выполнено инвертирование значений индекса RVI в значения концентрации хлорофилла *a* в воде (мг/л) с повторным проведением корреляционного анализа (рис. 5). Величина *коэффициента детерминации* R^2 при анализе с использованием инвертированных значений составила 0,89.

По завершении математико-статистического анализа данных был выполнен экспорт растрового изображения, содержащего инвертированные индексные значения RVI, в среду ГИС ArcGIS (ArcMap 10.7) для *картографического оформления результатов* (рис. 6).

В ходе анализа значений концентрации хлорофилла *a* было установлено, что среднее содержание хлорофилла в воде оз. Тайху по данным ДЗЗ за 06.10.2019 г. составило 0,14–16 мг/л. Максимальная концентрация – 0,27–0,30 мг/л, минимальная – 0,03–0,06 мг/л. Значения концентрации хлорофилла в воде указывают на сильную эвтрофикацию вод оз. Тайху.

На основе картографического анализа полученных результатов установлены закономерности в пространственном распределении планктонных продуцентов (фитопланктона): максимальные значения концентрации хлорофилла *a* отмечаются в прибрежных районах, в особенности в северо-

западной (прибрежные зона г. Уси) и юго-восточной (прибрежная зона г. Сучжоу и его пригородов, а также к востоку от о. Уфыньшань) частях; минимальные – в центральной части озера.

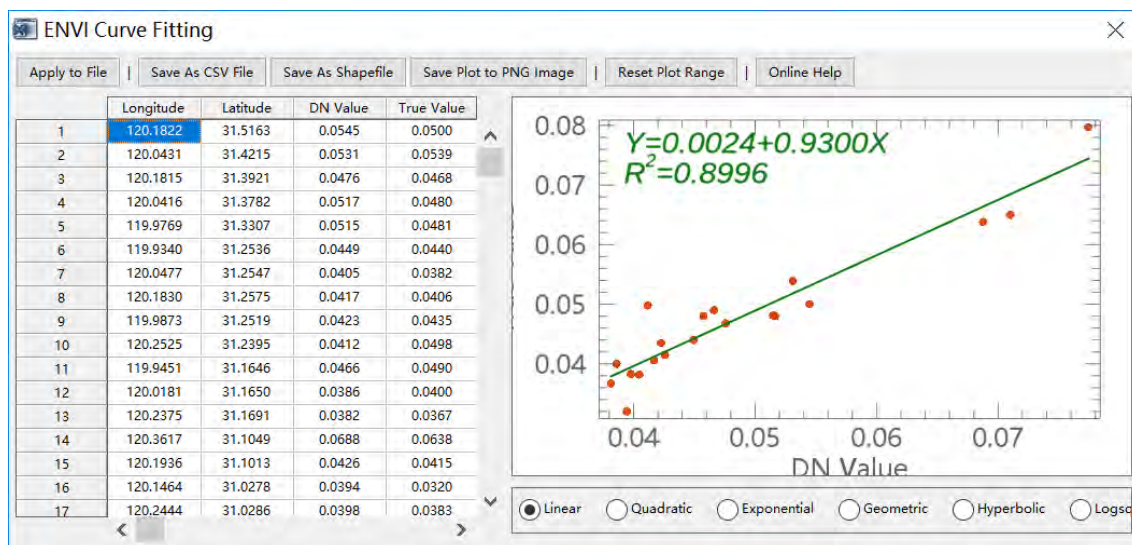


Рис. 5. Сопоставление значений концентрации хлорофилла а, полученных в результате инвертирования индексных значений RVI (поле «DN Value») и наземных измерений в точках отбора проб (поле «True Value»)

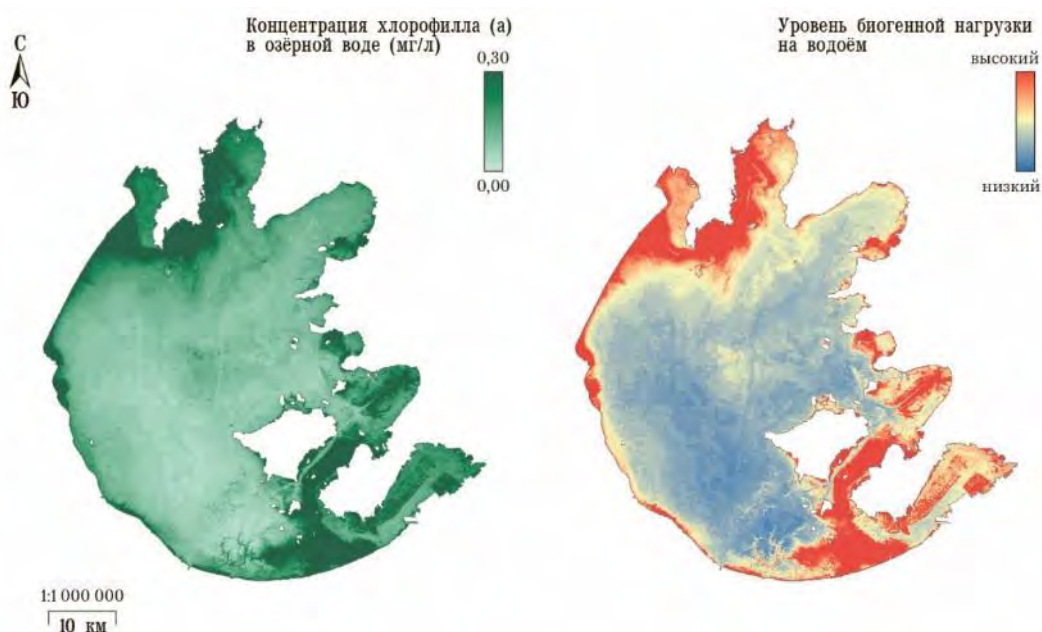


Рис. 6. Распределение в оз. Тайху концентрации хлорофилла (слева) и биогенной нагрузки (справа). Масштаб 1:1 000 000

Высокий уровень содержания хлорофилла в воде указывает также на *повышенную биогенную нагрузку на водоём*. Повышению эвтрофикации озера в значительной мере способствует загрязнение воды в самом озере и впадающих в него реках, обусловленное активным развитием промышленности, сельского хозяйства, водного транспорта, ростом численности населения. Порядка 40 % площади поверхности озера относится к *зоне высокой биогенной и антропогенной нагрузки*.

Таким образом, использование мультиспектральных спутниковых данных HJ-1B (CCD1) позволяет осуществлять мониторинг качества воды поверхностных водоёмов с высоким уровнем эвтрофикации и загрязнения на основе расчёта концентрации хлорофилла *a* по результатам анализа материалов ДЗЗ. Расчёт индексных показателей, таких как относительный вегетационный индекс RVI, позволяет устанавливать пространственные закономерности в распределении биологически активных элементов и загрязняющих веществ, а также выявлять области (очаги) повышенной биогенной и антропогенной нагрузки на водоёмы с целью оценки качества воды и выявления источников загрязнения.

Библиографические ссылки

1. Храмчихин А. Глава I. Основные проблемы и противоречия современного Китая, ограничивающие возможность его устойчивого развития // Дракон проснулся? : внутренние проблемы Китая как источник китайской угрозы для России. 2 изд. Москва: Издательство «Ключ-С», 2015. С. 18–21. 192 с.
2. Satellite Constellation Launch Countdown – piesat.cn [Electronic resources]. 2023. URL: <https://www.piesat.cn/en-us/> (date of access: 01.11.2023).
3. Озеро Тайху. ИНОЗ РАН – Электронный справочник «Озёра Земли» проекта «Электронная Земля» президиума РАН [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://archive.ph/20190921055447/http://limno.org.ru/win/wlake/1300.php>. (дата обращения: 01.11.2023).
4. HJ 1A, 1B (SMMS1) – Gunter's Space Page [Electronic resources]. 2023. URL: https://space.skyrocket.de/doc_sdat/hj-1a.htm (date of access: 01.11.2023).
5. Fan J. Chinese Earth Observation Program and Policy. In: Onoda M., Young O. (eds) Satellite Earth Observations and Their Impact on Society and Policy. Springer, Singapore. 2017. P. 105–110. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-3713-9_8.
6. ENVI 5.6.1 Release Notes – NV5 Geospatial [Electronic resources]. 2023. URL: <https://www.nv5geospatialsoftware.com> (date of access: 01.11.2023).
7. Тоназ А. А., Шестаков Н. А. Цифровая обработка космических снимков : электронный учебно-методический комплекс для специальности: 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» / БГУ, Фак. географии и геоинформатики, Каф. геодезии и космоаэрокартографии. Минск : БГУ, 2023. 95 с.
8. Carlson R. E. A trophic state index for lakes // Limnol. Oceanog. 1977. № 22 (2). P. 361–369.
9. Черепанов А. С. Вегетационные индексы // ГЕОМАТИКА. 2011. № 2. С. 98–102.

ЗНАЧЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЛАНДШАФТА

И. С. Захарова, М. П. Дружнова

*Новгородский Государственный Университет имени Ярослава Мудрого,
irine.zakharova.01@mail.ru*

В статье исследуется потенциал геоинформационных технологий в ландшафтном и экологическом планировании рекреационных территорий с акцентом на устойчивое развитие. Также подчеркивается важность ландшафтного моделирования при проектировании туристско-рекреационных зон, в которых используются геоинформационные системы при их организации, эксплуатации и мониторинге.

Ключевые слова: геоинформационные технологии; картографическое обеспечение; ландшафтное моделирование; рекреационные зоны; устойчивое развитие территории.

IMPORTANCE OF GIS TECHNOLOGY IN LANDSCAPE MODELING

I. S. Zakharova, M. P. Druzhnova

*Yaroslav the Wise Novgorod State University,
irine.zakharova.01@mail.ru*

The article studies the potential of geo-information technologies in landscape and environmental planning of recreational areas with a focus on sustainable development. It also emphasizes the importance of landscape modeling in the design of tourist and recreational areas, which use geo-information systems in their organization, operation and monitoring.

Keywords: geoinformation technologies; cartographic support; landscape modeling; recreational zones; sustainable development of the territory.

Географические информационные системы (ГИС) стали неотъемлемой частью современного моделирования ландшафта [1]. Они обеспечивают идеальные инструменты для анализа, визуализации и представления пространственной информации. В контексте моделирования ландшафта, ГИС создают точные и реалистичные виртуальные модели, которые играют важную роль при исследовании и принятии решений.

С помощью ГИС в геологии изучают структуру, состав и изменения планеты с течением времени. Однако ученым не всегда целесообразно посещать объекты для проведения полевых наблюдений. Использование ди-

станционного зондирования в геологии означает, что ученые могут использовать электромагнитное излучение для сбора подробной информации со всего мира.

Интерпретация и отображение данных от этих удаленных датчиков - одно из основных применений ГИС геологами [2]. Эксперты ГИС картографируют особенности земной поверхности и дают рекомендации по управлению природными ресурсами. Наличие порталов открытых данных означает, что геологам повсюду доступно огромное количество ценной информации. Например, геологическая служба предоставляет исследователям и организациям надежный набор данных ГИС, таких как топографические данные по всей стране и интерактивные карты конкретной территории, в частности. С помощью подробной пространственной информации можно моделировать подземный водный поток или оценивать устойчивость рельефа для разведки нефти и газа.

Пространственное мышление особенно ценно в горнодобывающей промышленности, где разведка полезных ископаемых с использованием дистанционного зондирования и ГИС приводит к эффективной разведке. Организации определяют вероятные местоположения месторождений путем составления карт особенностей поверхности и выполнения спектрального анализа в поисках характерных химических взаимодействий [3]. Обширные данные и способность использовать навыки пространственного мышления позволяют менеджерам работать эффективно и принимать обоснованные решения о том, где бурить скважины.

Для министерства энергетики, полезных ископаемых и природных ресурсов пространственные данные позволяют проводить ответственную разведку и рекультивацию земельных ресурсов. Горное бюро министерства использует ГИС для обработки заявок на получение лицензий и мониторинга текущей горнодобывающей деятельности. Благодаря этой информации регулирующие органы могут обеспечить соблюдение требований, поддерживать стандарты безопасности и минимизировать воздействие на окружающую среду [4].

Картографирование и моделирование погоды и климата с помощью ГИС дает метеорологам ценную информацию, поскольку они изучают процессы, происходящие в атмосфере. Ученые точно определяют погодные явления и анализируют, как системы изменяются с течением времени. Выявление значимых закономерностей и тенденций в метеорологических данных ГИС приводит к более точным прогнозам.

Роль спутникового дистанционного зондирования в исследованиях изменения климата может быть еще более важной [5]. Применение ГИС в исследованиях изменения климата привлекает внимание к таким явлениям, как:

- пространственные закономерности повышения уровня моря;
- изменение растительности в конкретных регионах;
- сокращение морского льда и ледников в Северном полушарии.

Точное прогнозирование погоды имеет огромное значение в сельском хозяйстве. Пространственные данные помогают также оценить урожайность сельскохозяйственных культур и отслеживать риски засухи или наводнений. Например, взглянув на карту CropScape, поддерживаемую Национальной службой сельскохозяйственной статистики, можно точно увидеть, где выращиваются различные виды сельскохозяйственных культур, и воспользоваться инструментами анализа и планирования. Важность дистанционного зондирования в сельском хозяйстве заключается в его способности анализировать почву, отмечать лучшие места для выращивания сельскохозяйственных культур и определять оптимальное использование удобрений.

Географические информационные системы играют важную роль в океанографии и астрономии [6]. В океанографии ГИС помогают исследователям изучать подводный мир, предоставляя подробную информацию о морском дне и прибрежных территориях. Спутниковая океанография собирает данные о температуре, шероховатости поверхности, солености и высоте волн, которые могут быть использованы для предупреждения об опасностях и определения безопасных маршрутов для судов.

В астрономии ГИС используются для изучения Вселенной и составления карт из космоса. ГИС позволяют выявить минеральный состав, топографию и тектоническую активность небесных тел. Активно собираются и анализируются пространственные данные с помощью зондов и марсоходов, чтобы расширить наше понимание о других планетах и объектах в солнечной системе. Ученые и общественность имеют доступ к огромному количеству пространственной информации о планетах, спутниках и других объектах солнечной системы благодаря научному центру астрогеологии. Карты можно просматривать и манипулировать для получения представления о геологии и топографии этих объектов.

ГИС в науке об окружающей среде используется специалистами из различных областей, таких как биология и социальные науки, для изучения экологических систем и поиска устойчивых решений. При использовании ГИС для экологических приложений эти ученые получают необходимую пространственную информацию для мониторинга местообитаний исчезающих видов, управления окружающей средой с целью устойчивого развития, моделирования воздействия загрязнения на здоровье населения, координации усилий по сохранению за пределами национальных границ и поиска инженерных решений для сохранения ограниченных ресурсов.

Эти результаты подчеркивают необходимость активного, целенаправленного использования современных цифровых методов мониторинга охраняемых территорий как на региональном, так и на государственном уровне. Отсутствие как материальной, так и технической базы, а также опыта исполнителей – одна из многих причин, почему этот процесс замедляется на местах. Для разработки специализированных ГИС на охраняемых территориях необходимо иметь подходящее программное обеспечение и квалифицированный персонал. Использование специализированных ГИС-решений значительно упрощает трудности, связанные с отслеживанием, управлением и прогнозированием изменений на местах. Накопление временных электронных баз данных, в которых регистрируются популяции диких животных и их распространение, облегчит изучение моделей их миграции и в конечном итоге поможет определить номера лицензий. Включение в ГИС данных сведений о распространении редких представителей флоры и фауны способствует оптимизации природоохранных мероприятий. Дистанционное зондирование планеты дает информацию, которая значительно повышает эффективность решения проблем на охраняемых территориях. Общественность можно просвещать по вопросам окружающей среды с помощью современных технологий.

Библиографические ссылки

1. Константинова М. Н. Геоинформационные системы в оценке и управлении рекреационным потенциалом ландшафтов // Вестник Московского университета. 2021.
2. Планирование и зонирование особо охраняемых природных территорий с помощью ГИС и ДДЗ / А. Ю. Ротанов [и др.] // Ersi GIS. URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2008/05/17/oopt-planning-zonning/> (дата обращения: 24.10.2023).
3. Шевляков А. С. Применение геоинформационных систем в моделировании ландшафтов и региональном планировании // География и природные ресурсы. 2022. URL: <http://elar.uspu.ru/bitstream/uspu/9858/2/Gorbushina.pdf> (дата обращения: 24.10.2023).
4. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: учебник для студентов, 2022. URL: <https://djvu.online/file/bbPOIEmphfQLz> (дата обращения: 25.10.2023).
5. Гирина О. А. Геоинформационные системы в географических исследованиях. М.: Аспект Пресс, 2021. URL: <https://bibl.nngasu.ru/electronicresources/uch-metod/geodesy/847228.pdf> (дата обращения: 25.10.2023).
6. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков, 2020. URL: <https://obuchalka.org/2016123192417/geoinformacionnoe-kartografirovanie-metodi-geoinformatiki-i-cifrovoi-obrabotki-kosmicheskikh-snimkov-lure-i-k-2008.html> (дата обращения: 24.10.2023).
7. ДеМерс М. Н. Географические информационные системы. Основы. М., 2022. URL: [geokniga-osnovy-gis-1999.pdf](#) (дата обращения: 25.10.2023).

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ ARCGIS ONLINE ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРТЫ ГОСТЯ ПАРКА КУЛЬТУРЫ И ОТДЫХА ГОРОДА БРЕСТА

А. А. Игнатчук¹⁾, А. В. Нестерович²⁾, С. М. Токарчук³⁾

¹⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, angelokbrest@gmail.com

²⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, alinanesterovich18@gmail.com

³⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, svetlana.m.tokarchuk@mail.ru

В статье представлены возможности создания веб-приложения средствами облачной платформы картографирования ArcGIS Online. С использованием Survey123 for ArcGIS был создан опрос для сбора полевых данных, на основании которых были созданы интерактивные карты с помощью шаблона ArcGIS Instant Apps «Attachment Viewer», которые в последующем были объединены в единую коллекцию ArcGIS StoryMaps. Представлен алгоритм реализации веб-приложения «Карта гостя».

Ключевые слова: Брест; парк; карта гостя; ГИС-технологии; база данных.

APPLICATION OF THE WEB APPLICATIONS OF ARCGIS ONLINE TO CREATE A GUEST MAP OF THE PARK OF CULTURE AND RECREATION OF THE CITY OF BREST

A. A. Ignatchuk¹⁾, A. V. Nesterovich²⁾, S. M. Tokarchuk³⁾

¹⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, angelokbrest@gmail.com

²⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, alinanesterovich18@gmail.com

³⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, svetlana.m.tokarchuk@mail.ru

The article presents the possibilities of creating a web application using the cloud mapping platform ArcGIS Online. Using Survey123 for ArcGIS, a survey was created to collect field data, on the basis of which interactive maps were created using the ArcGIS Instant Apps "Attachment Viewer" template, which were subsequently combined into a single collection of ArcGIS StoryMaps. The algorithm of the implementation of the web application "Guest Card" is presented.

Keywords: Brest; park; guest map; GIS-technologies; database.

Городские парки играют важную роль в туристическом потенциале города. Исследования городских парков достаточно популярное направление в современных научных исследованиях. Однако опыт применения ГИС-технологий при изучении и популяризации туристических ресурсов городских парков не так часто встречается в литературных источниках [1, 2, 3]. Таким образом, исследования направленные на изучение туристического потенциала городского парка с использованием ГИС-технологий являются достаточно актуальными

Парк культуры и отдыха – один из самых старых парков города Бреста. Парк был основан в 1906 г. солдатами Либавского полка русской армии, который размещался на месте нынешнего парка. Ими был посажен Парковый сад площадью 4 га. В парке были построены эстрада для музыки, обширный ресторан с верандой, молочная и устроен циклодром. В настоящее время парк занимает площадь 25 гектаров, в нём находятся аттракционы, объекты общественного питания, спортивно-игровые объекты, различные памятники.

В летний период 2023 года студентами Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина в рамках прохождения полевой учебной экономико-географической практики, а также научно-исследовательской работы проводимой СНИЛ «ГИС и территориальное управление» средствами облачной платформы картографирования ArcGIS Online была создана интерактивная «Карта гостя Парка культуры и отдыха города Бреста».

«Карта гостя» представляет собой картографическое веб-приложение, размещенное в сети Интернет и включающее набор фотографий, их название и частично описания, характеризующие инфраструктуру Парка культуры и отдыха, которую можно использовать для развития туристического потенциала парка. В целом, «Карта гостя» состоит из восьми тематических разделов, каждый из которых включает интерактивную карту с размещенными на ней местоположениями и привязанными к ним фотографиями [1].

«Карта гостя» включает следующие тематические разделы:

Административные и общественные объекты.

Аттракционы.

Граффити.

Декоративные элементы.

Торговые объекты.

Спортивно-игровые объекты.

Памятники.

Природные и природно-антропогенные объекты.

«Карта гостя» создавалась на основе применения картографических веб-приложений *ArcGIS Online*.

ArcGIS Online – это облачная инфраструктура платформы картографирования. Данная платформа включает большое количество различных ГИС-инструментов и обладает большими возможностями по работе с картами и картографическими продуктами без установки программного обеспечения на компьютер, а также с возможностью его прямого, непосредственного размещения в сети Интернет.

Через *ArcGIS Online* можно получать доступ к защищенному облаку ESRI, где можно создавать, хранить веб-слои, работать с ними и управлять ими.

Приложения ArcGIS Online – это готовые интегрированные (в платформу *ArcGIS* и продукты других производителей) картографические приложения для мобильных устройств и веб-браузеров. Приложения разрабатываются и поддерживаются ESRI для представления данных на карте, лучшей координации любых видов исследований, эффективности работы и географического анализа. Использование приложений возможно как в полевых, так и в стационарных условиях.

Для создания «Карты гостя» использовалась «связка» картографических веб-приложений *ArcGIS Online*: «***Survey123 for ArcGIS***» → «***ArcGIS Instant Apps***» → «***ArcGIS StoryMaps***».

На первом этапе с помощью *Survey123 for ArcGIS* были созданы отдельные формы для сбора полевых данных для каждого из тематических разделов «Карты гостя».

Survey123 for ArcGIS – это приложение для сбора полевых данных. Оно включает в себя мобильное, настольное и веб-приложения. С его помощью можно создавать сложные формы опросов с выпадающими списками, ответами по умолчанию и поддержкой нескольких языков. С помощью данного приложения данные можно собирать через браузер или мобильные устройства, даже при отключении от Интернета, а также быстро анализировать результаты и безопасно загружать данные для последующего анализа.

Таким образом, согласно разработанной структуре «Карты гостя» было создано 8 опросов *Survey123 for ArcGIS*. Каждый опрос включал несколько полей, которые следовало заполнить по своему объекту картирования. Обязательными полями были:

«Название». Для некоторых объектов это существующее название самого объекта (например, для аттракционов или торговых объектов), для других надо было продумать и самим дать название, но по единой схеме для данной категории объектов (например, для декоративных объектов

названия подбирались исходя из их внешнего вида: «Деревянная мельница», лавочка «Монетный двор», «Зонт с цветами»).

«Фотография». Для всех объектов необходимо было сделать одну обзорную фотографию, чтобы в поле попадал весь объект альбомного расположения размером 4:3.

«Местоположение». На базовую карту Openstreetmap необходимо было максимально точно нанести местоположение объекта.

Остальные поля создавались исходя из особенностей картографируемых объектов. Например, при сборе данные про торговые объекты заполнялись такие поля как «Тип объекта», «Сезонность», «Вид товара», «Ассортимент» (рис. 1). А при изучении декоративных элементов и граффити собирались рейтинговые данные об их состоянии и их визуальная оценка по пятибалльной шкале [2], [3].

Рис. 1. Опрос Survey123 for ArcGIS «Торговые объекты Парка культуры и отдыха»

В результате заполнения данных опросов были сформированы картографические базы данных (рис. 2) для каждого из разделов «Карты гостя». С использованием этих баз данных в последствие были выполнены интерактивные карты, которые легли в основу работы со следующим веб-приложением *ArcGIS Instant Apps*.

ArcGIS Instant Apps – это новое поколение настраиваемых картографических веб-приложений. Instant Apps включает в себя галерею шаблонов приложений, которые используются без необходимости писать код. Каждый шаблон приложения имеет определенную цель, например, просмотр карты или сцены, сравнение ресурсов, формирование маршрутов, изучение галереи ресурсов или поиск каких-либо объектов поблизости.

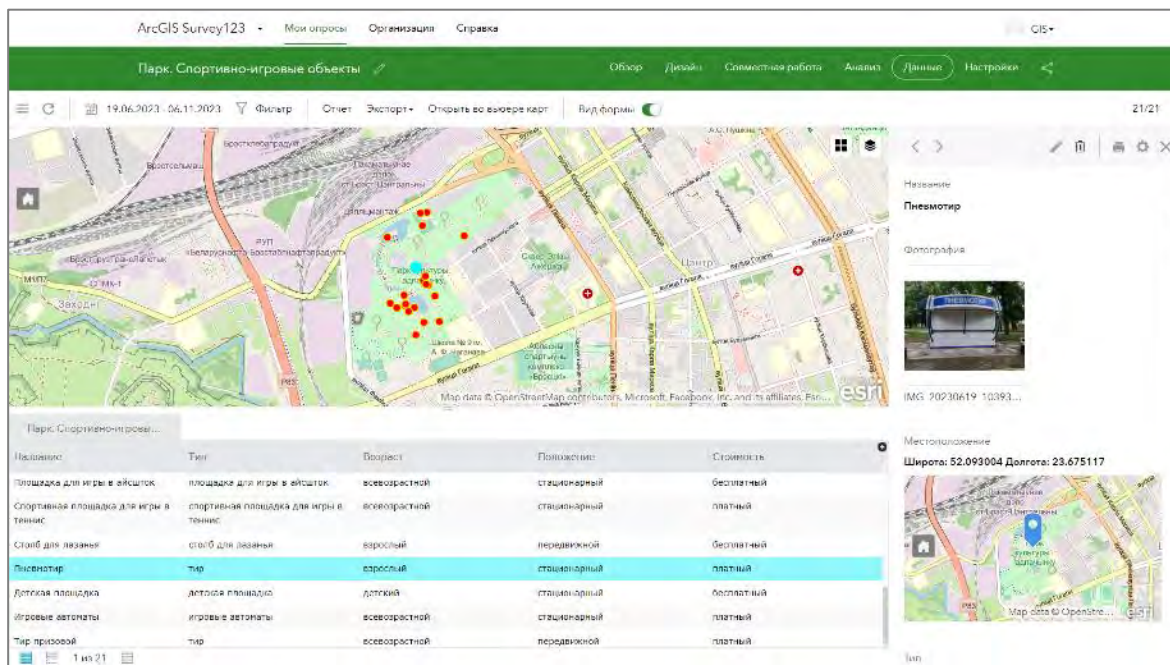


Рис. 2. Картографическая база данных раздела «Спортивно-игровые объекты»

Для дальнейшей работы над «Картой гостя» использовался шаблон ArcGIS Instant Apps «Attachment Viewer». Данный картографический шаблон дает возможность представить фотографии, видео и файлы PDF, сохраненные как вложения, на карте или в компоновке. При реализации веб-приложения можно разрешить поиск и выбор объектов, чтобы позволить пользователям перемещаться по данным. Кроме того, можно дать возможность пользователям масштабирования и передвижения по изображению, а также загрузку вложений.

Таким образом, с использованием данного приложения для каждого из разделов карты были созданы приложения «Attachment Viewer». Общий вид приложения представляет собой веб-карту с нанесенными на нее местоположениями и галерею изображений (рис. 3).

При выборе любого объекта открывается отдельная страница, где можно увидеть точное местоположение объекта, его характеристику и фотографию (рис. 4). Фотографию можно развернуть на весь экран, увеличить и перемещать.

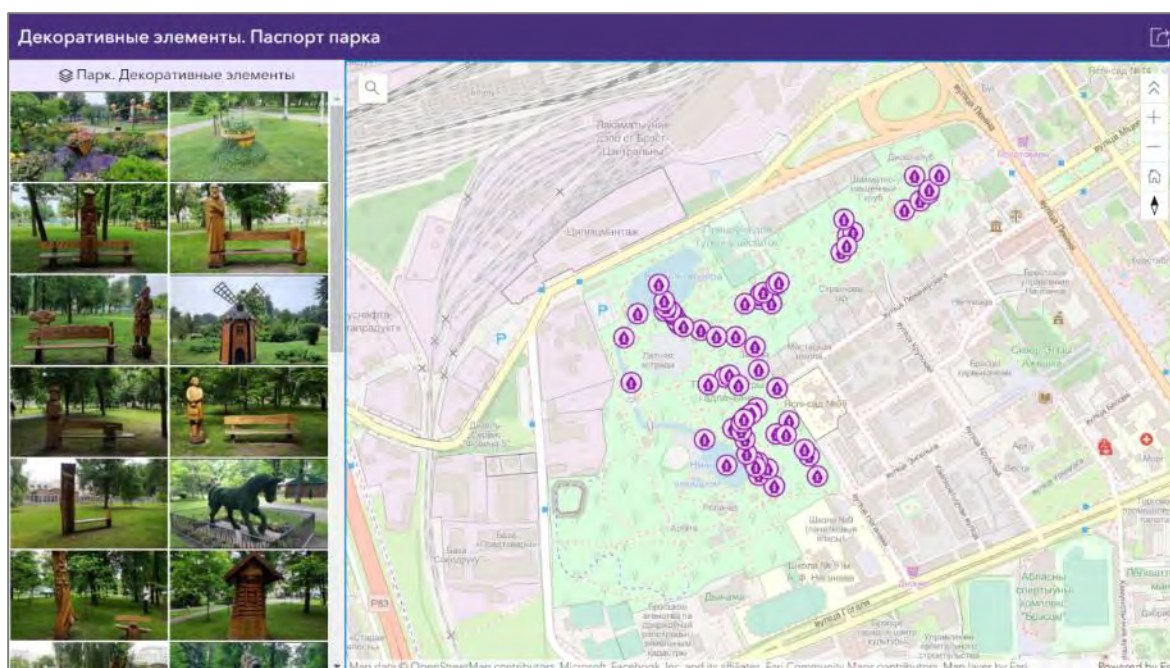


Рис. 3. Общий вид приложения раздела «Декоративные элементы»

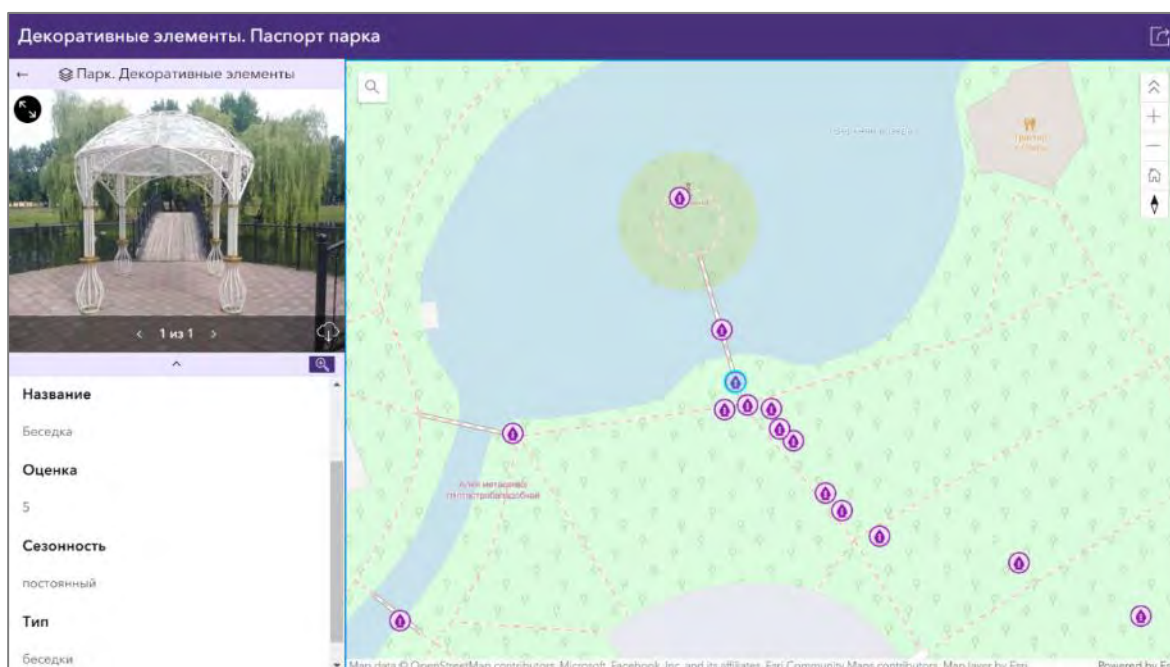


Рис. 4. Отдельная страница одного из объектов раздела «Декоративные элементы»

На заключительном этапе для создания «Карты гостя» использовался шаблон картографического веб-приложения *ArcGIS StoryMaps*. *ArcGIS StoryMaps* – это шаблон так называемых «карт историй», который является своеобразным «конструктором», который позволяет объединять текст, изображения, карты, мультимедийные блоки и некоторые другие элементы.

Однако для создания «Карты гостя» использовались «*Коллекции ArcGIS StoryMaps*». Они позволяют собирать отдельные приложения *StoryMaps* (как и другие картографические веб-приложения) в единый «набор». Коллекции можно использовать для демонстрации сложной многосоставной работы, для сбора набора контента по определенной теме или в качестве основы для повторяющегося контента (как в примере «Карты гостя»). Коллекции также могут быть полезны в качестве своего рода виртуальной папки, внутри которой можно собирать в одном месте набор ресурсов, включая истории, настраиваемые приложения, информационные панели, изображения, видео, PDF-файлы и любой встраиваемый контент Интернета.

Таким образом, с помощью коллекции *ArcGIS StoryMaps* были объединены под одним Интернет-адресом все созданные веб-приложения ArcGIS Instant Apps «*Attachment Viewer*» (рис. 5).

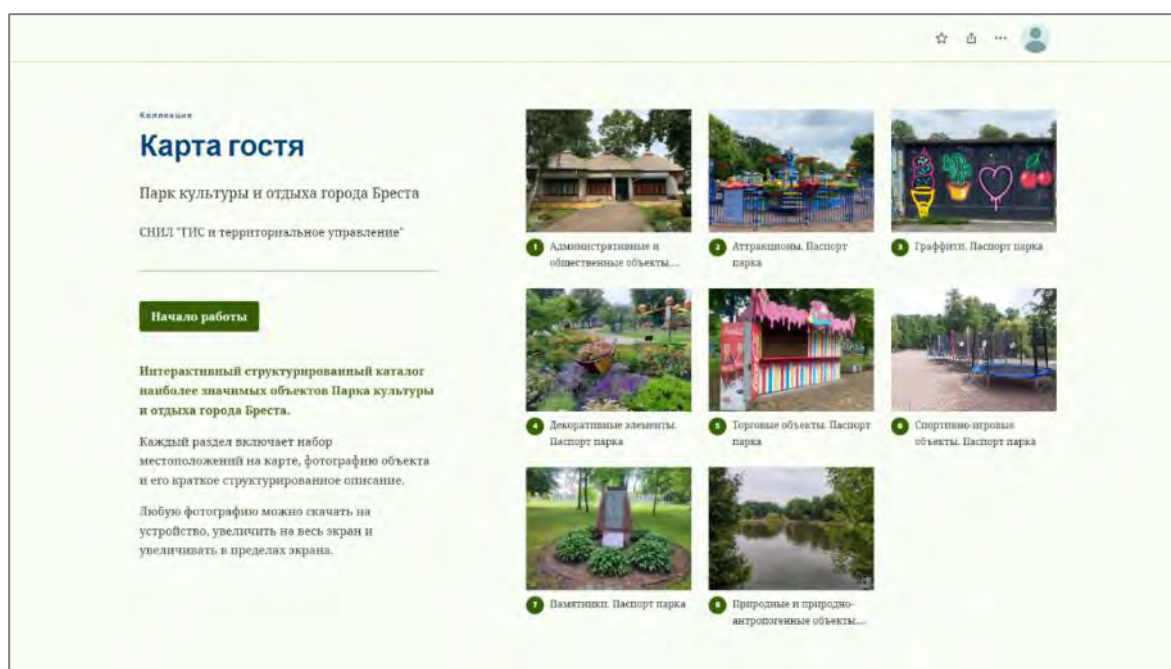


Рис. 5. Общий вид веб-приложения «Карта гостя Парка культуры и отдыха г. Бреста»

Таким образом, современные конструкторы облачной платформы картографирования *ArcGIS Online* позволяют проводить разные исследования и сопровождать их реализацию на всех этапах работы: полевом и камеральном, а также в интересной интерактивной форме представлять ее результаты.

Библиографические ссылки

1. *Дебелая И. Д., Морозова Г. Ю.* Разработка структуры ГИС на примере особо охраняемой природной территории местного значения «Парк Динамо» в Хабаровске // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 3 (69). С. 75-80.
2. *Тимофеева В. В., Кутенков С. А., Тарасова В. Н.* Опыт использования ГИС при оценке природоохранной ценности городских лесов (на примере парка "Савин Наволок", г. Петрозаводск, Республика Карелия) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27, № 3. С. 359-374.
3. *Карабаева А. З. Ююков С. С., Кускова П. П.* Картографирование ландшафтно-рекреационных территориальных образований города Астрахань // Астраханский вестник экологического образования. 2021. № 3 (63). С. 50-54.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НОВОГРУДСКОЙ И ОРШАНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТЕЙ

Д. А. Кислицын

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь, dimas13082000@mail.ru*

В статье представлен пространственный анализ структуры почвенно-растительного покрова Новогрудской и Оршанской возвышенностей в разрезе ключевых районов. Автоматизированное дешифрирование космоснимков Landsat 9 и Sentinel 2 методом максимального правдоподобия выполнено в ENVI 5.3, а постклассификационная обработка проведена в ArcGIS 10.7. Уточнение результатов дешифрирования выполнено на основе индекса NDVI и морфометрических показателей рельефа.

Ключевые слова: почвенно-растительный покров; автоматизированное дешифрирование; Новогрудская возвышенность; Оршанская возвышенность.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF SOIL AND VEGETATION COVER OF THE NOVOGRUDOK AND ORSHA UPLANDS

D. A. Kislitsyn

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4,
220030, Minsk, Belarus, dimas13082000@mail.ru*

The article presents a spatial analysis of the structure of soil and vegetation cover of the Novogrudok and Orsha Uplands in the context of key districts. Automated interpretation of Landsat 9 and Sentinel 2 satellite images using the maximum likelihood method was performed in ENVI 5.3, and post-classification processing was carried out in ArcGIS 10.7. The interpretation results were refined based on the NDVI index and morphometric parameters of the relief.

Keywords: soil and vegetation cover; automated interpretation; Novogrudok Upland; Orsha Upland.

Актуальность темы исследования в значительной степени обусловлена тем, что применение данных дистанционного зондирования и их комплексная компьютерная обработка в разнообразных программных комплексах позволяет осуществлять исследования различных природных компонентов, в том числе почвенно-растительного покрова. Использо-

ние инструментария ГИС дает возможность быстро провести расчеты, которые получены на основе итоговых результатов дешифрирования, конвертированных в векторный формат, для определения площади и удельного веса различных классов почвенно-растительного покрова в разрезе ключевых районов исследуемой территории.

В данном исследовании применялись мультиспектральные космоснимки из архивов съемочной системы Landsat 9 (дата съемки: 20.05.2023, уровень обработки Collection 2 Level 2) и Sentinel 2 (дата съемки: 17.04.2019, уровень обработки L2A), находящиеся в открытом доступе в интернет-каталогах United States Geological Survey и Copernicus Open Access Hub соответственно. Метод максимального правдоподобия использован для проведения контролируемой классификации в программном комплексе ENVI 5.3. Постклассификационная обработка классифицированных растров выполнена в среде ArcGIS 10.7 на основе использования модели геообработки в ModelBuilder, которая включает в себя последовательность инструментов из групп «Spatial Analyst» и «Конвертация». Также создана цифровая модель рельефа Новогрудской возвышенности на основе метода интерполяции «Топо в растр» в ArcGIS 10.7, уклон рельефа определен на основе соответствующей опции из группы «Spatial Analyst», а вертикальное расчленение рельефа – согласно методике, изложенной в статье Д. М. Курловича [1].

Из четырех основных известных групп методов автоматизированного дешифрирования: контролируемая (с обучением), неконтролируемая, экспертная и объектно-ориентированная классификации [2], была использована в первую очередь первая. Использование данных о морфометрических показателях рельефа и растительности (индекс NDVI) позволяет повысить точность итоговых изображений контуров почвенно-растительного покрова на основе использования инструмента «Зональная статистика в таблицу» [3].

Новогрудская возвышенность характеризуется заметным различием уровня сельскохозяйственной освоенности территории, которая дифференцируется от 43,2% до 66,1% для Дятловского и Кореличского районов соответственно, а для территории Оршанской возвышенности заметна меньшая степень дифференциации данного показателя (от 41,8% до 55,4% для Сенненского и Оршанского районов соответственно). В большинстве районов исследуемой территории заметно преобладание лесных земель и под древесно-кустарниковой растительностью (ДКР) на автоморфных и полугидроморфных почвах в структуре почвенно-растительного покрова (например, в Сенненском районе данный показатель достигает 50,5%), в то же время пахотные земли на автоморфных и полугидроморфных почвах доминируют только в двух районах: Оршанском и Кореличском.

Удельный вес населенных пунктов, коммуникаций и дорог изменяется в диапазоне от 3,9% до 9,9% для Сенненского и Оршанского районов соответственно, достаточно высокие значения данного показателя также характерны для Новогрудского и Кореличского районов (8,0–8,5%), что обусловлено не только наличием крупных участков городской застройки в Оршанском и Новогрудском районах, но и высоким уровнем сельскохозяйственной освоенности в Кореличском районе. Водные объекты имеют более высокий удельный вес для Оршанской возвышенности по сравнению с Новогрудской (0,9% и 0,3% соответственно). Лесные земли и под древесно-кустарниковой растительностью на гидроморфных почвах имеют низкий удельный вес от площади районов (около 1–2%), что связано с преобладанием возвышенных форм рельефа, но в Новогрудском районе их удельный вес достигает 2,85% из-за наличия крупных заболоченных участков в северо-восточной части района (рис. 1).

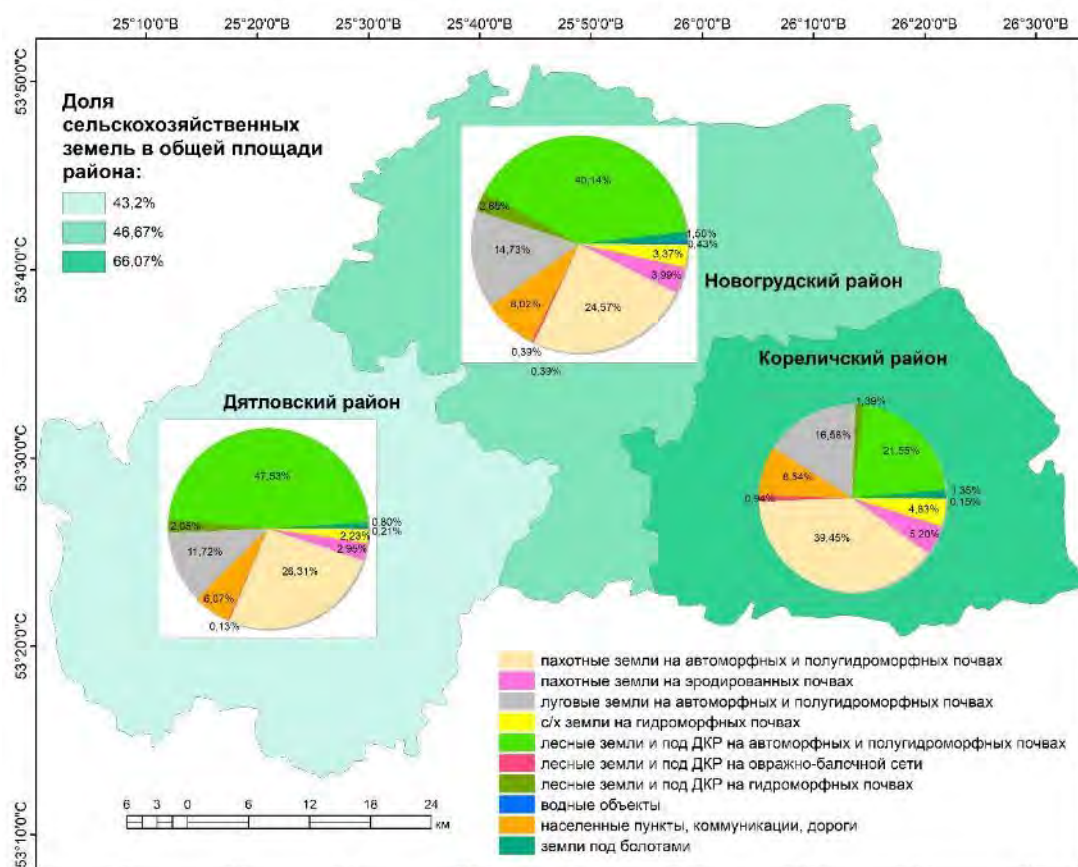


Рис. 1. Картодиаграмма структуры почвенно-растительного покрова по районам Новогрудской возвышенности в 2019 г. (на основе мозаики космоснимков Sentinel 2)

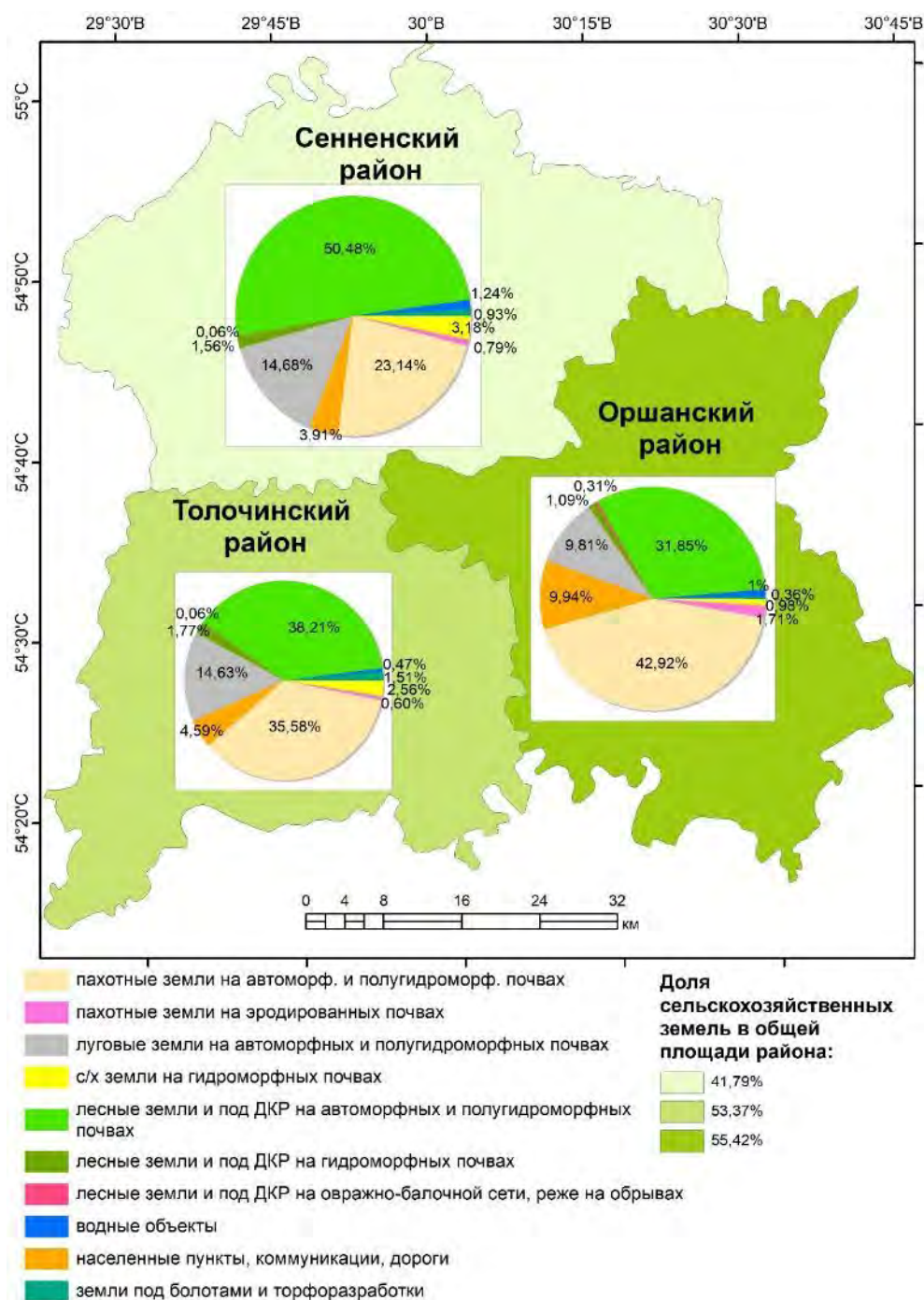


Рис. 2. Картодиаграмма структуры почвенно-растительного покрова по районам Оршанской возвышенности в 2023 г. (на основе космоснимка Landsat 9)

Сельскохозяйственные земли на гидроморфных почвах имеют заметные различия по удельному весу от общей площади районов: от 1,0% до 4,8% для Оршанского и Кореличского районов соответственно (рис. 2).

Луговые земли на автоморфных и полугидроморфных почвах занимают в основном около 11,7–14,7% от площади районов, несколько больший удельный вес данного класса объектов характерен для Кореличского

района – 16,6 %, в котором достаточно крупные массивы луговых земель приурочены к долинам рек Неман, Уша и Сервечь. Удельный вес земель под болотами для исследуемой территории закономерно является низким вследствие особенностей рельефа, при этом немного более высокие значения данного показателя характерны для Толочинского и Новогрудского районов (1,5%), что обусловлено наличием участков торфопорубов.

Пахотные земли на эродированных почвах распределены относительно неравномерно на исследуемой территории: для Новогрудской возвышенности характерна более высокая концентрация эродированных почв на восточных склонах по сравнению с западными, а для Оршанской возвышенности – основные участки эродированных почв сосредоточены в окрестностях речной долины Днепра (к северо-востоку от Орши), на левом берегу реки Адров к западу от Орши и к востоку от речной долины Усвейки на границе Толочинского и Сенненского районов. Лесные земли и под древесно-кустарниковой растительностью на овражно-балочной сети имеют высокие значения морфометрических показателей рельефа (средние значения уклона превышают $2,7\text{--}3,0^\circ$, а вертикальное расчленение рельефа – более 33 м/км^2) и сконцентрированы небольшими участками к юго-западу от Кореличей, а также сосредоточены в окрестностях речной долины Днепра (к северо-востоку от Орши), на левом берегу реки Адров к западу от Орши.

Таким образом, структура почвенно-растительного покрова заметно изменяется не только при сравнении Новогрудской и Оршанской возвышенностей между собой, но и внутри регионов при рассмотрении структуры по ключевым районам, что обусловлено не только природными условиями, но и особенностями рельефа, а также уровнем плодородия почв, что оказывает заметное влияние на степень сельскохозяйственной освоенности территории.

Библиографические ссылки

1. Курлович Д. М. Морфометрический ГИС-анализ рельефа Беларуси // Земля Беларуси. 2013. № 4. С. 42–48.
2. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: учебник. М. : КДУ, 2008. 424 с.
3. Клебанович Н. В., Кислицын Д. А. Анализ особенностей почвенно-растительного покрова на основе данных дистанционного зондирования (на примере ключевых районов Брестского Полесья) // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Біялогія. Навукі аб Зямлі. 2022. №1. С. 59–66.

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ КАК ИННОВАЦИОННОЕ СРЕДСТВО ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Е. С. Романова, Р. А. Уленгов

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская, 18, 420008, г.
Казань, Россия, public.mail@kpfu.ru*

В данной статье рассматривается использование методических разработок создания 3D модели местности и построения профиля местности на основе топографической карты в школьном географическом образовании. Выделяются преимущества применения картографического 3D моделирования в качестве средства обучения. Также дается краткий обзор картографической программы, применяемая для визуализации пространственных данных.

Ключевые слова: визуализация данных, 3D модель, география, образование

GIS TECHNOLOGIES AS AN INNOVATIVE MEANS OF VISUALIZING SPATIAL DATA IN GEOGRAPHICAL EDUCATION

E. S. Romanova, R. A. Ulengov

*Kazan (Volga Region) Federal University, Kremlevskaya str., 18, 420008, Kazan, Russia,
public.mail@kpfu.ru*

This article discusses the use of methodological developments for creating a 3D terrain model and constructing a terrain profile based on a topographic map in school geographical education. The advantages of using cartographic 3D modeling as a learning medium are highlighted. A brief overview of the cartographic program used for visualization of spatial data is also given.

Keywords: data visualization, 3D model, geography, education

В настоящее время, невозможно представить изучение школьной географии без применения картографической информации. Использование информационных и коммуникационных технологий в сфере образования предназначено для обеспечения эффективности обучения, совершенствования форм и методов работы, а также формирования информационной компетенции участников образовательного процесса. Изменения, которые происходят в системе образования в настоящее время, касаются не только технического оснащения, качества сети интернет, электронных образовательных ресурсов, но и готовности учителя на компетентностном и личностном уровне принять новые технологии, быть в них успешным профессионалом [1].

Повысить результативность усвоения картографических знаний и умений в процессе взаимосвязанной деятельности учителя и учащихся позволит школьная геоинформационная система. Географические информационные системы (ГИС) в широком смысле – это системы, которые создают, управляют, визуализируют и анализируют всевозможные типы данных. ГИС соединяет данные с картой, интегрируя данные о местоположении (где находятся объекты) со всеми типами описательной информации (что из себя эти объекты представляют). Одним из важнейших достоинств геоинформационных систем является то, что они позволяют очень наглядно представить человеку информацию о территориально распределенных объектах и явлениях. К числу таких относится ГИС программа QGIS – это геоинформационная система, которая предназначена для создания и редактирования картографических данных, визуализации, создании карт и выполнения аналитических операций. Международное сообщество активно поддерживает данную разработку. В России она представлена командой NextGIS QGIS. QGIS – свободная геоинформационная система, то есть она бесплатная. Скачать его можно с официального сайта, также предлагается на выбор несколько версий для установки.

Неотъемлемым процессом изучения географии и экологии как в общеобразовательном учреждении, так и в ВУЗе являются полевые исследования и их камеральная обработка. В настоящее время изучение и исследования окружающей природной среды достаточно тесно связаны с использованием географических информационных систем и разнообразным видом геоинформационных ресурсов: электронно-цифровых карт, наборов и баз пространственных данных, ГИС-сервисов и множество других, учащимся стоит осваивать их возможности и активно применять при своей научно-исследовательской деятельности. Геоинформационные программные комплексы позволяют обрабатывать мощный объем данных, полученных в ходе различных исследований, а также упорядочивать и регулировать сведения, имеющие пространственную привязку [2].

Работа с географической картой является одной из сложных вариантов практической деятельности школьников, поскольку требует сформированности абстрактных представлений и умения мысленно переносить трехмерное изображение на плоскость и обратно. Поэтому использование QGIS позволит визуализировать данные с карты для более легкого усвоения учениками различных форм рельефа.

Цифровая модель местности – это математическая модель местности, которая содержит информацию о рельефе земной поверхности, данные об объектах местности и ее характеристиках. Для обработки и анализа пространственных данных использовались Easy Trase (программа-векторизатор,

предназначенная для переноса графической информации с бумажных носителей в компьютер и обработки картографических материалов для создания современных ГИС) и NextGIS QGIS. Для создания 3D модели был выбран небольшой участок листа топографической карты масштаба 1:25 000.

Перепад высот на топографической карте от точки максимальной высоты до минимальной высоты составляет около 108 м., также по участку протекает крупная река. Выбранный участок карты был переведен в электронный вид и с помощью программы Easy Trace. Easy Trace – это программное обеспечение для автоматизированной векторизации растровых изображений, которое позволяет преобразовывать растровые данные в векторный формат. [3].

В программе NextGIS QGIS осуществляется процесс формирования растрового изображения рельефа местности. Это изображение является важной составляющей 3D модели местности. Чем более точно мы можем воссоздать модель рельефа, тем более реалистичной получится 3D модель местности. Для начала работы над созданием 3D модели необходимо подготовить растровую сетку путем проведения интерполяции. Для этого добавляется слой с координатами точек, полученный в программе Easy Trace в формате CSV. После добавления слоя мы увидим массив точек, представленных на экране [4, 5].

Для проведения интерполяции точечного векторного слоя требуется использовать модуль интерполяции. Чтобы начать интерполяцию, переходим на вкладку "Интерполяция". В открывшемся окне выбираем исходный векторный слой и указываем атрибут для интерполяции, затем нажимаем кнопку "Добавить". В появившейся строке изменяем тип на "Линии разбивки". В правой части окна выбираем метод интерполяции "Триангуляция" (TIN) и задаем число столбцов и строк (например, 2000). Также необходимо указать место сохранения файла вывода. После задания всех необходимых параметров, нажимаем "ОК". Появляется черно-белая карта (рис. 1).

Для достижения более реалистичного вида 3D модели необходимо настроить стиль и выбрать соответствующую цветовую гамму. Для этого дважды щелкните правой кнопкой мыши по растровому слою. В открывшемся окне переход на вкладку "Изображение" и изменение типа изображения на "Одноканальное псевдоцветное". Выбор цветовой схемы "Spectral" и проставление галочки в поле "Обратить". В разделе "Режим" выбор "Равные интервалы" и увеличение количество классов до 25. После настройки стиля кнопка "Применить" и закройте окно. Затем для создания 3D модели рельефа потребуется использовать модуль "Qgis2threejs" в программе NextGIS QGIS. После применения этого модуля, в браузере будет открыта новая вкладка с построенной трехмерной моделью рельефа. Данную модель можно вращать на 360° и располагать под определенным углом (рис. 2).

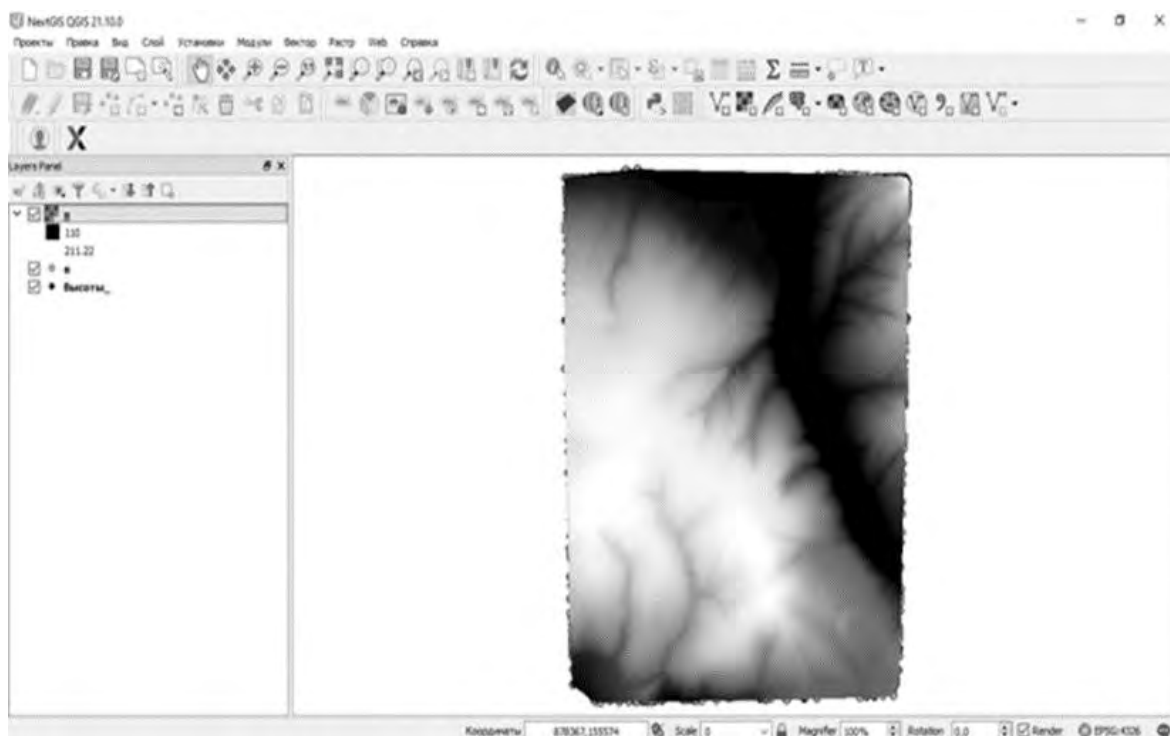


Рис. 1. Интерполируемая поверхность

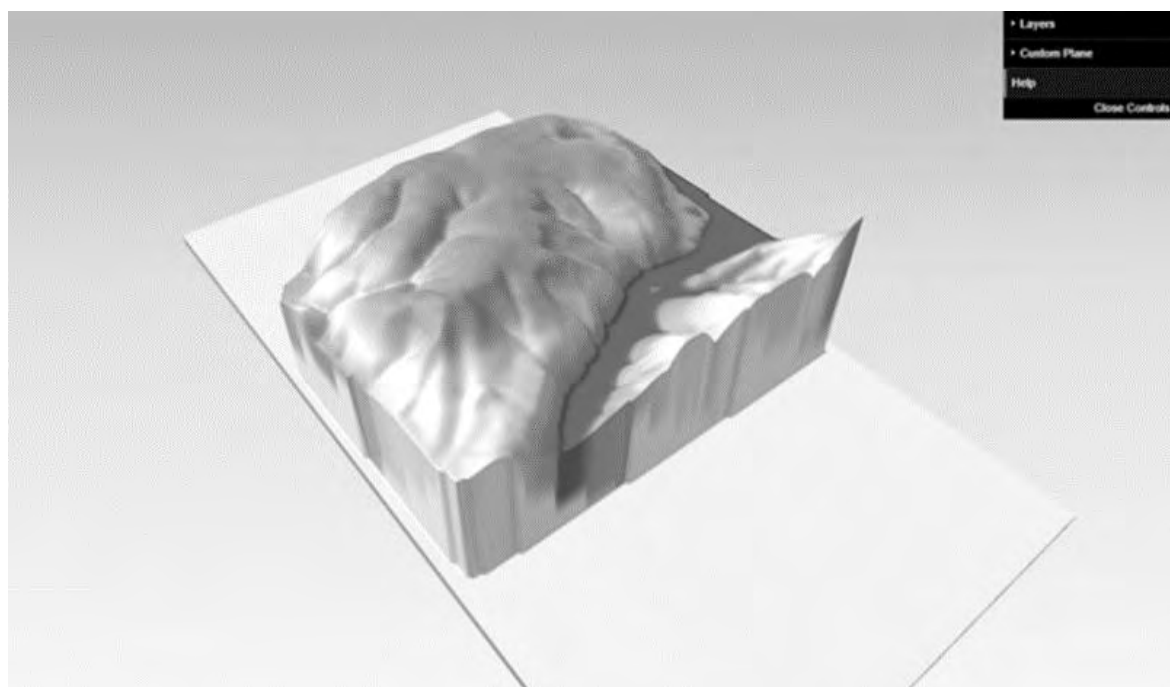


Рис. 2. 3D-модель местности

Основным способом изображения рельефа на географических картах является способ горизонталей. Для построения изолиний рельефа в QGIS есть специальный модуль Contour. Источником послужит цифровая модель рельефа, которая была построена с оцифрованного участка топографической

карты. После установки модуля, заходим Вектор – Contour. Перед нами появляется отдельное окно для работы с модулем. В нем выбираем точечный слой и значение данных Z. После этого появляются автоматически сгенерированные значения изолиний. Количество значений изолиний можно изменить и настроить как удобно. Далее нажимаем Add и на цифровой модели появятся изолинии (рис. 3).

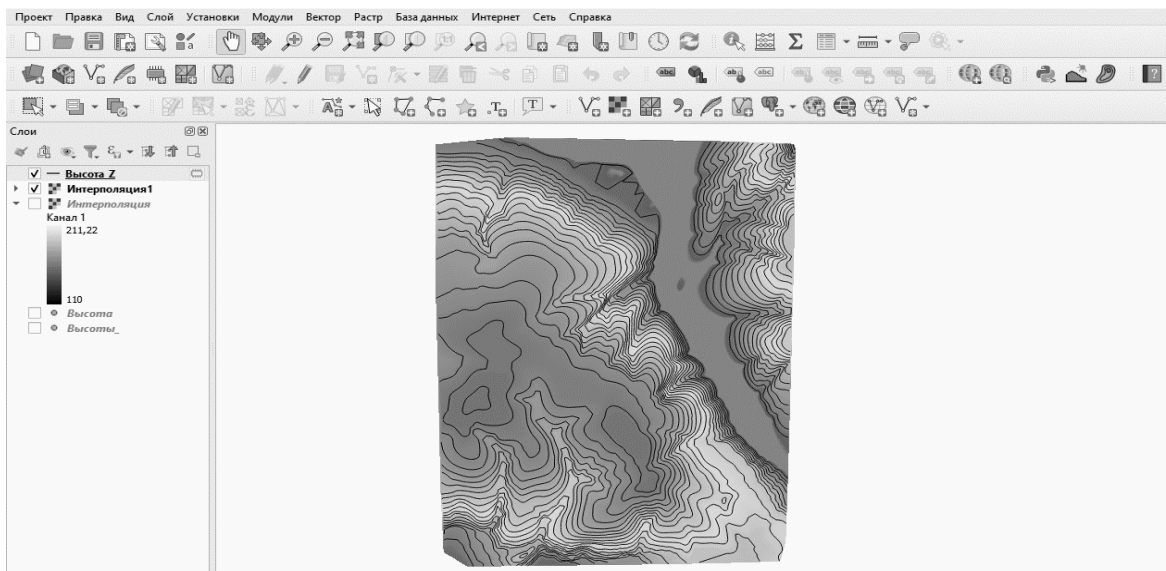


Рис. 3. Построение изолиний

Так же для визуализации рельефа в программе QGIS с помощью модуля Profile Tool можно построить профиль рельефа. Для построения профиля выбрана та же цифровая модель рельефа, которая использовалась в построении изолиний. Первым делом добавляем слой, на основании которого будет строиться профиль. Для построения графика необходимо провести линию, по которой строим профиль. В программе сразу появляется построенный профиль рельефа по заданной нами линии (рис. 4).

Визуализация пространственных данных и трёхмерные модели играют важную роль в современном географическом образовании и исследованиях. Помимо демонстрации профиля местности, способствующего более легкому усвоению учебного материала, учителя могут использовать данную разработку для проверки правильности построения профиля местности учащимися вручную.

С помощью различных технологий и инструментов, таких как геоинформационные системы, 3D-картография и виртуальная реальность, мы можем создавать более наглядные и понятные представления географической информации. Гевизуализация и трёхмерное моделирование становятся все более доступными и распространенными, благодаря быстрому развитию технологий и росту доступности геоданных. Они открывают новые возможности для обучения, исследований и взаимодействия с географической информацией.

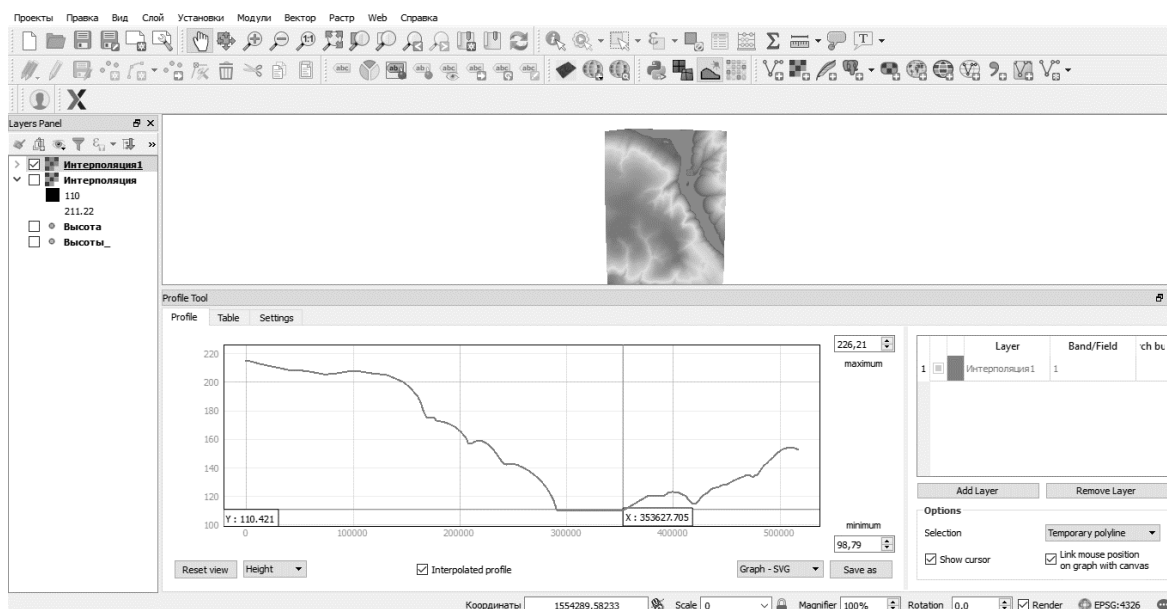


Рис. 4. Построенный профиль рельефа в программе QGIS

Таким образом, визуализация пространственных данных с помощью ГИС технологий позволит сформировать новую, более совершенную модель учебного процесса, которая позволит учащимся быстрее и лучше понять и усвоить учебный материал, проанализировать рельеф. Также данная программа позволяет познакомиться с возможностями современного программного обеспечения.

Библиографические ссылки

1. *Поповкина О. В.* ГИС-технологии в общеобразовательной школе как культурно-информационный ресурс // Шамовские педагогические чтения : Сборник статей XIV Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Москва, 22–25 января 2022 года. Часть 2. Москва: Научная школа управления образовательными системами, Международная академия наук педагогического образования, "5 за знания", 2022. С. 300-305.
2. *Уленгов Р. А., Уразметов И. А., Кубышкина Е. Н.* ГИС-технологии как средство развития географического образования // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15), № 3. С. 361-366.
3. *Ахмедов Б. Н.* Построение цифровых трехмерных моделей геопространства // Инженерная графика и трехмерное моделирование. Молодеж. науч.-практ. конф.: сб. научных докладов (16 декабря 2016 г., Новосибирск). Новосибирск: СГУГиТ, 2017. С. 9–13.
4. *Грищенко Д. В., Кобецкая А. В.* Трехмерная картография: преимущества, способы, инструменты // Инженерная графика и трехмерное моделирование. Молодеж. науч.-практ. конф. : сб. науч. докладов (16 декабря 2016 г., Новосибирск). Новосибирск: СГУГиТ, 2017. С. 40–46.
4. Проблемы и перспективы применения геоинформационных систем в школьной географии в условиях внедрения новых образовательных стандартов // Р.А. Уленгов [и др.] / Современные проблемы науки и образования. 2017. № 3.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ «МЕНТАЛЬНЫЙ ОБРАЗ БРЕСТА: ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРОДА»

А. А. Игнатчук¹⁾, А. О. Белюк²⁾, Е. И. Чмель³⁾, О. В. Токарчук⁴⁾

¹⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, angelokbrest@gmail.com

²⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, apelsinesc@gmail.com

³⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, Katacmel507@gmail.com

⁴⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, oleg.v.tokarchuk@mail.ru

В данной работе приводится опыт создания информационно-справочной системы «Ментальный образ Бреста: экологическое состояние города». Цель создания – объединение результатов научно-исследовательской работы «Разработка геоинформационной модели оценки ментального образа экологического состояния города (на примере Бреста)», выполняемой по студенческому гранту Министерства образования Беларуси. Реализация данного гранта заключалась в разработке серии геоинформационных продуктов, показывающих ментальный образ жителей на экологическую составляющую города Бреста.

Ключевые слова: Брест; ментальный образ; экологическое состояние; ГИС-технологии; информационно-справочная система.

DEVELOPMENT OF THE INFORMATION AND REFERENCE SYSTEM «MENTAL IMAGE OF BREAST: ECOLOGICAL STATE OF THE CITY»

A. A. Ignatchuk¹⁾, A. O. Belyuk²⁾, E. I. Chmel³⁾, O. V. Tokarchuk⁴⁾

¹⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, angelokbrest@gmail.com

²⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, apelsinesc@gmail.com

³⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, Katacmel507@gmail.com

⁴⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, oleg.v.tokarchuk@mail.ru

This paper presents the experience of creating an information and reference system "Mental image of Brest: ecological state of the city". The purpose of the creation is to combine the results of the research work "Development of a geoinformation model for assessing the mental image of the ecological state of the city (on the example of Brest)", carried out

under a student grant of the Ministry of Education of Belarus. The realization of this grant consisted in the development of a series of geoinformational products showing the mental image of residents on the ecological component of the city of Brest.

Keywords: Brest; mental image; ecological state; GIS-technologies; information and reference system.

В настоящее время большинство исследователей сходятся во мнении, что город представляет собой сложный социокультурный феномен, который фактически невозможно охарактеризовать однозначно.

Город – это формализованная категория, представляющая собой форму поселения, характеризующаяся определенным количеством жителей и определенным характером их хозяйственной деятельности. С другой стороны, город представляет собой уникальный социокультурный феномен, так как формируется в результате соединения ряда субъективных факторов, а также благодаря сознательному сплочению людей. Несмотря на значительное распространение работ, связанных с изучением ментального образа городов, среди них достаточно редко встречаются исследования, связанные с изучением восприятия экологической ситуации города.

Следует подчеркнуть, что в исследованиях ментального образа города большую роль играет использование ментальных карт. Однако большинство работ, посвященных изучению «образа города», не затрагивают направление создания ментальных карт, а посвящены анкетированию (либо интервьюированию) населения по разным проблемам города и отображают результаты исследования в виде табличного материала и текста.

Несмотря на то, что термин «ментальная карта» [1, 2] в настоящее время широко используется самыми разными специалистами, в первую очередь социологами, социальными психологами, социальными географами методики их создания (в первую очередь для всей городской территории, а также с использованием ГИС-технологий) встречаются крайне редко. Таким образом, значительную актуальность будет иметь проект, направленный на разработку подобных методик, а также их применения для конкретных территорий.

В данной работе приводится опыт создания информационно-справочной системы *«Ментальный образ Бреста: экологическое состояние города»*, основное назначение которой – это объединение результатов научно-исследовательской работы *«Разработка геoinформационной модели оценки ментального образа экологического состояния города (на примере Бреста)»*, выполняемой по студенческому гранту.

Реализация ГИС-идеи данного гранта заключалась в разработке серии интерактивных ментальных карт, показывающих мнение жителей го-

рода о современной состоянии и основных экологических проблемах атмосферного воздуха, водного компонента и зеленых насаждений Бреста и его микрорайонов, а также объединения всех полученных материалов и реализованных методик в информационно-справочной системе *«Ментальный образ Бреста: экологическое состояние города»*.

Цель исследования – рассмотреть на примере территории Бреста возможности систематизации тематической геопространственной информации путем создания информационно-справочной системы (ИСС) с использованием облачной платформы картографирования.

В настоящее время существует большое многообразие информационно-справочных систем, содержание и способы выполнения которых очень сильно отличаются друг от друга, все это приводит к наличию значительного количества примеров и возможностей составлять собственные ИСС, опираясь на опыт предыдущих исследователей.

Методика разработки ИСС включала восемь основных этапов, которые различаются по продолжительности, типу работ, временным и трудовым затратам: (1) определение цели и задач реализации ИСС; (2) анализ возможностей создания и практического использования ИСС; (3) накопление данных; (4) создание базовых элементов ИСС (электронные карты, графики); (5) разработка структуры и стилистического оформления ИСС; (6) верстка ИСС; (7) публикация разработанного ИСС в сети Интернет, его тестирование, пилотное использование; (8) эксплуатация ИСС.

Задачами создания ИСС являются: (1) сбор реализованных на различных этапах выполнения гранта интерактивных ментальных карт, выполненных на уровне планировочных микрорайонов города; (2) интеграция данных материалов в единую систему; (3) обеспечение общего доступа к полученной информации для заинтересованных лиц.

Разработка и использование ИСС имеет ряд преимуществ: (1) возможность сочетания различных видов информации (картографической, графической, текстовой, фотографической и др.); (2) возможность быстрого и своевременного обновления информации (в том числе без изменения местоположения и «электронного адреса» системы), что делает их постоянно актуальными; (3) быстрое и удобное распространение; (4) неограниченный объем представляемой информации.

ИСС создавалась с помощью конструктора карт историй ArcGIS StoryMaps (рис. 1).

Данный конструктор позволяет сочетать описательный текст с картами, изображениями и мультимедийным содержанием в полноэкранной среде. В выполненные приложения может быть вставлен текст, иллюстрации, веб-карты, фотографии, кроме того, к тексту могут быть привязаны

гиперссылки. Структура ИСС соответствует этапам реализации гранта, а также индивидуальным заданиям исполнителей проекта.

Таким образом, ИСС включает семь разделов.



Рис. 1. Титульная страница информационно-справочной системы

Раздел «Общие сведения о НИР» дает представление о научной идее проекта, включает также описание актуальности и целей изучения ментального образа города, в первую очередь экологического состояния его гео-сфер в пределах различных микрорайонов.

Раздел «Концепция» включает краткое описание концепции оценки ментального восприятия экологического состояния города. Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой алгоритма создания ментальных карт, отображающих результаты исследования. Предложена концепция по дальнейшему развитию данного исследования.

Раздел «Брест» дает краткую характеристику города Бреста и его отличительных особенностей, которые могут оказать существенное влияние на экологическое состояние города, а также на ментальное восприятие его экологических проблем (рис. 2)

Кроме того, т.к. ментальные карты составлялись на уровне планировочных микрорайонов города, то в данном разделе с использованием компонента «Боковой блок» конструктора ArcGIS StoryMaps была вставлена коллекция карт, которые отображают расположение микрорайонов на карте города (рис. 3), а также оценочные карты, отображающие типизацию микрорайонов по таким характеристикам как «Площадь», «Численность

населения», «Плотность населения», «Жилой фонд» и др. Карты являются интерактивными, они сопровождаются всплывающими окнами, где можно увидеть точные значения для каждого микрорайона, а также надписями-названиями микрорайонов. Карты размещаются в основном окне «Бокового блока», в его дополнительном окне находится краткий пояснительный текст.

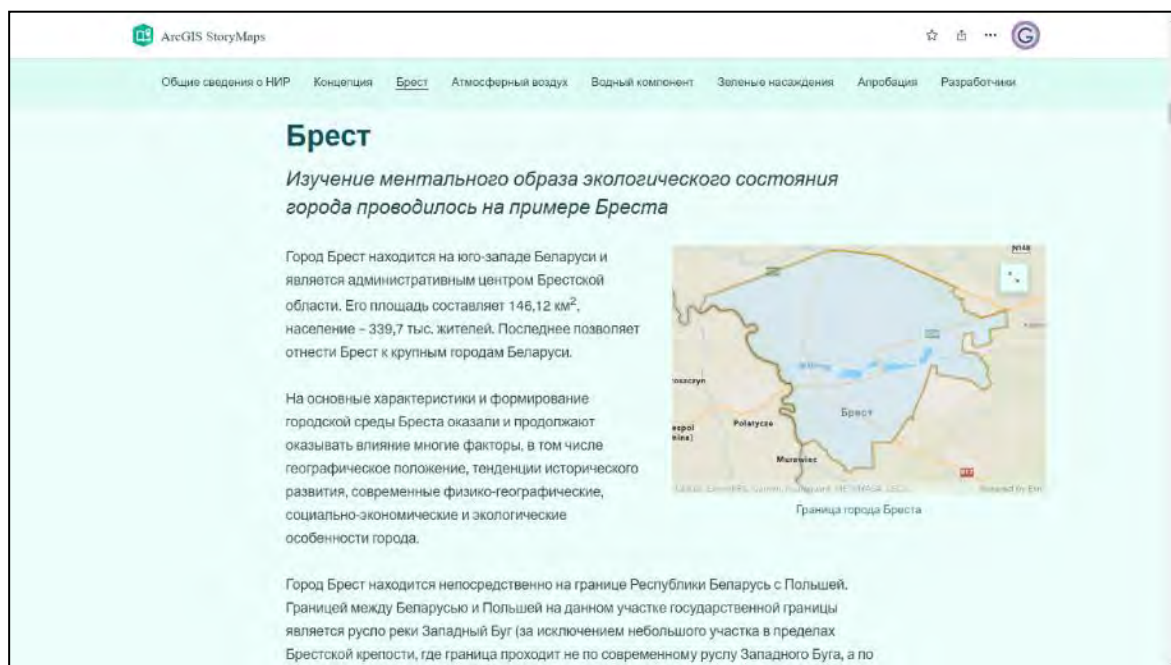


Рис. 2. Раздел «Брест» (начало)

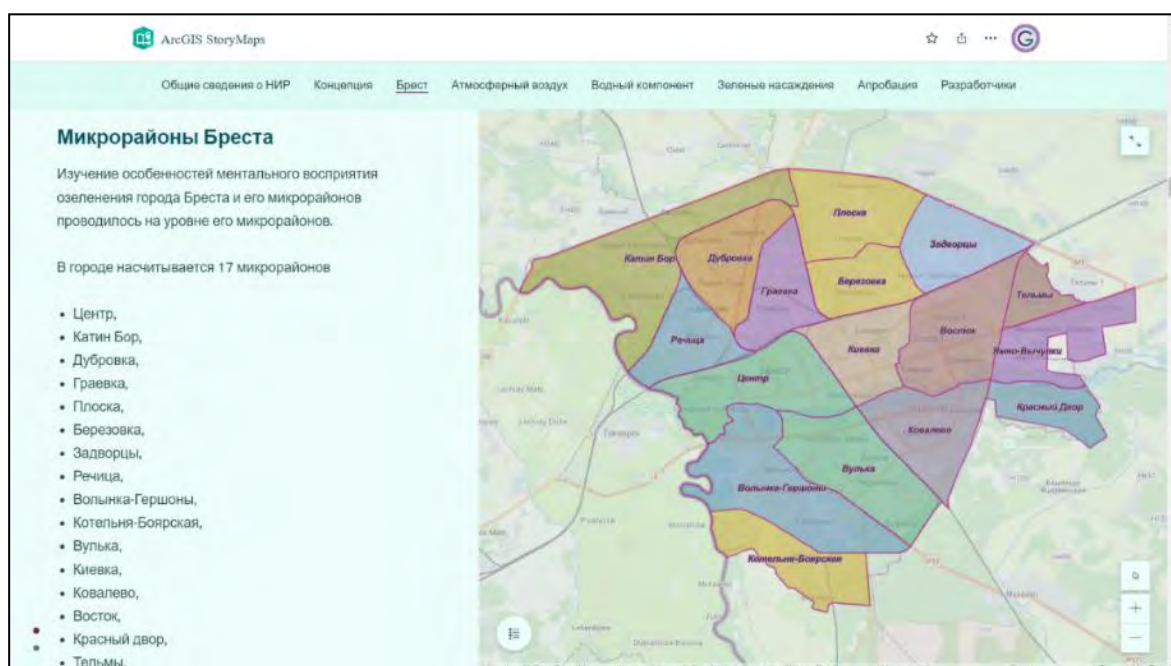


Рис. 3. Раздел «Брест» (боковой блок «Микрорайоны города»)

Следующие три раздела имеют однотипное строение и посвящены отображению полученных результатов и внедрению ментальных по каждому из рассматриваемых природных сфер города: «Атмосферный воздух», «Водный компонент» и «Зелёные насаждения».

Каждый раздел первоначально включает текстовый анализ результатов опросов, отображающий общее мнение жителей города о состоянии того или иного природного компонента в целом. Текстовый анализ сопровождается графиками и диаграммами, что позволяет увидеть все варианты ответов и их количественное соотношение (рис. 4).

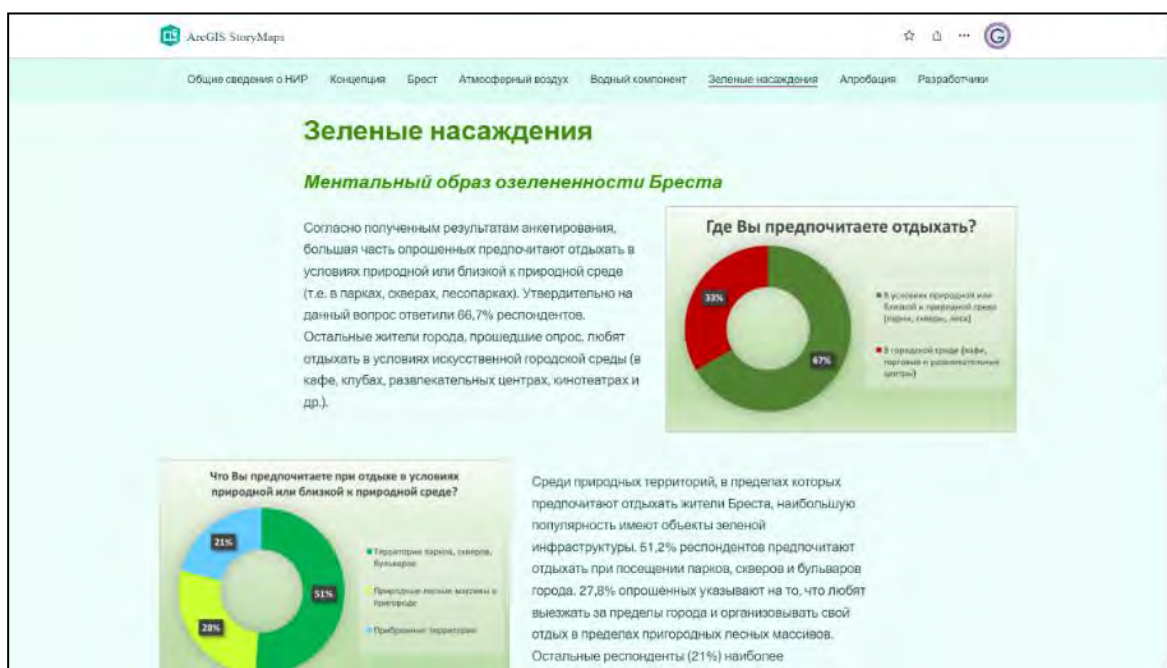


Рис. 4. Раздел «Зелёные насаждения» (начальный текстовый раздел)

Далее каждый из данных разделов включает «Боковой блок», который объединяет все подготовленные по данному направлению карты и отображающие результаты оценки ментального образа экологического состояния микрорайонов города. Данные карты основываются на опросах жителей всех микрорайонов города и бывают двух типов:

простые, которые отображают либо доминирующее мнение большинства опрошенных жителей микрорайона на определенный вопрос (задаваемые вопросы являются заголовками страниц бокового блока) либо наиболее популярным из выбранных жителями вопросов (рис. 5);

сложные, которые представляют собой картограмму (круговую или столбчатую) (рис. 6).

Каждая карта включает легенду, всплывающие окна, в дополнительном окне находится пояснительный текст. Также следует отметить такую

функцию «Бокового блока», как «Взаимодействие с картой». Данная функция позволяет привязать к словам или словосочетаниям в тексте определенные действия с интерактивной картой. В ИСС привязаны ссылки к названиям микрорайонов, при нажатии на которые карта масштабируется и показывает в увеличенном масштабе данный микрорайон.

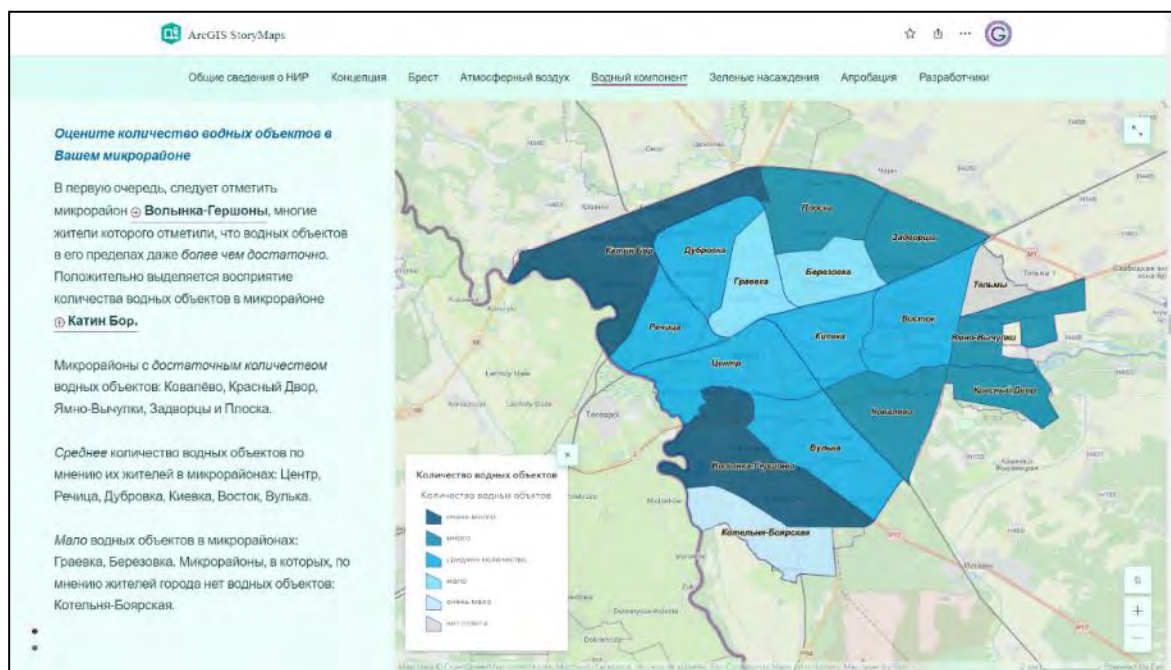


Рис. 5. Простая карта «Количество водных объектах в микрорайонах»

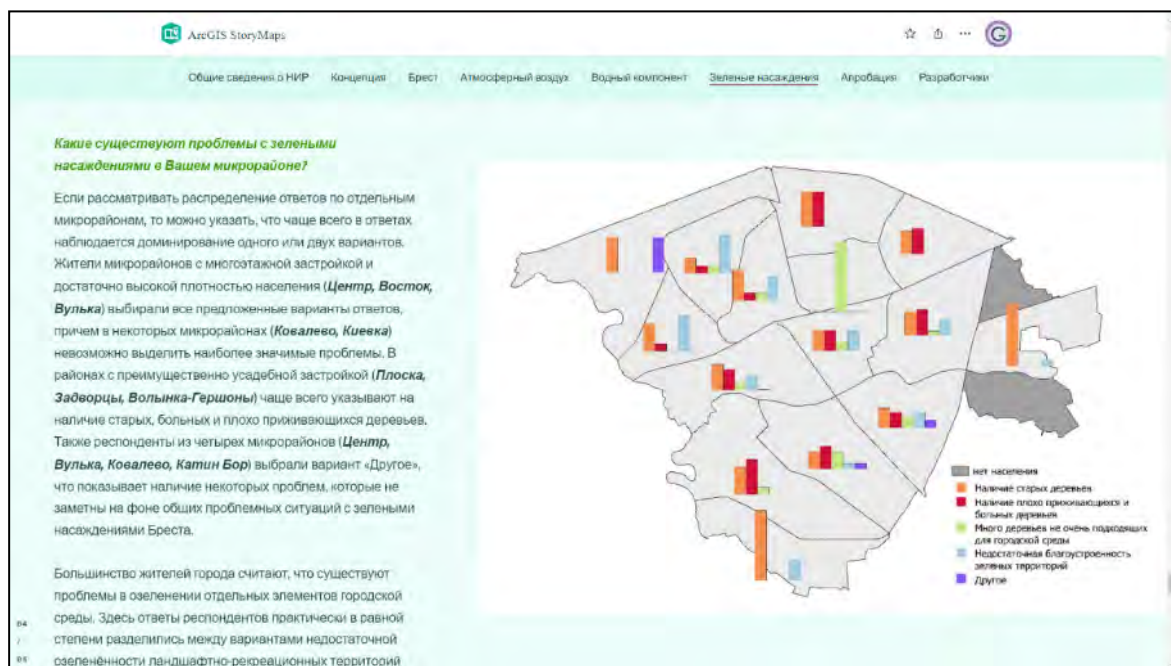


Рис. 6. Сложная карта «Проблемы с зелеными насаждениями»

Для более точной региональной оценки экологических проблем микрорайонов и степени осведомленности ими горожан Бреста, был произведен анализ фактического экологического состояния и выполнено его сопоставление с ментальным восприятием. Результаты данного этапа исследования отображены в ИСС с использованием карты-шторки. Данная карта дает возможность сравнивать две интерактивные карты. В данном случае, одна карта отображает результаты опроса, другая – реальную оценку. На рисунке 7 отображена карта-шторка «Количество промышленных предприятий». В частности, представленный вариант расположена «шторки» показывает, что жители микрорайонов «Катин Бор», «Волянка-Гершоны» и «Котельня-Боярская» имеют достаточно объективное представление о количестве промышленных предприятий в микрорайоне. В то время как жители микрорайонов «Дубровка» и «Речица» думают, что их значительно больше, чем есть на самом деле, а микрорайона «Центр» – наоборот считают, что им не так уж и много.

Разделы «Апробация» и «Разработчики» являются заключительными разделами ИСС, в них представлены публикации по теме научного исследования, сведения об участии в конкурсах, акты внедрения и разработчики приложения.

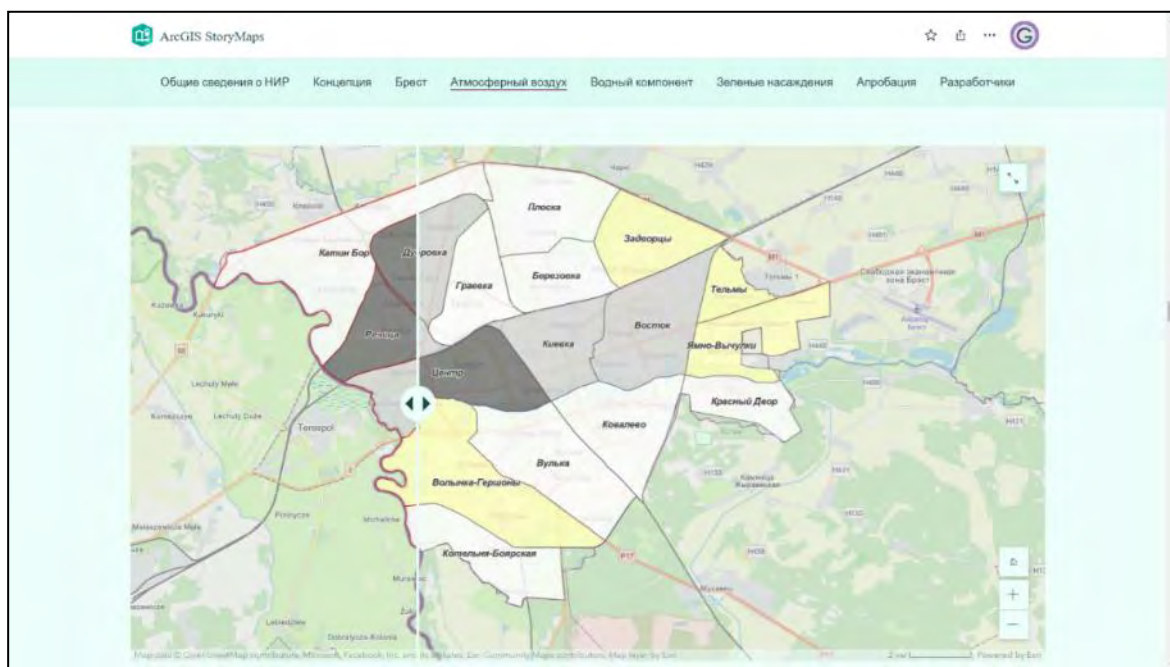


Рис. 7. Карта-шторка «Количество промышленных предприятий в микрорайонах»

Таким образом, в данной работе представлены возможности использования картографического шаблона ArcGIS StoryMaps для создания информационно-справочной системы, объединяющего результаты научного гранта. Предложенную методику можно также выполнения подобных проектов как по темам НИР, так и по квалификационным работам (дипломам, диссертациям). Предполагается постоянное дополнение и обновление содержание ИСС за счет создания новых ГИС-материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (студенческий грант «Разработка геоинформационной модели оценки ментального образа экологического состояния города (на примере Бреста)»; № госрегистрации 20230525 от 20.04.2023).

Библиографические ссылки

1. *Веселкова Н. В.* Ментальные карты города: вопросы методологии и практика использования // Социология: методология, методы, математическое моделирование. 2010. № 31. С. 2–29.

2. *Шепелина О. С., Ванина О. Е.* Ментальные карты: способы анализа, погрешность и пространственная метрика // Сибирский педагогический журнал. 2012. № 8. С. 248–254.

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ АТЛАСОВ СРЕДСТВАМИ ARCGIS STORYMAPS (НА ПРИМЕРЕ АТЛАСОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГОРОДА БРЕСТА)

А. А. Игнатчук¹⁾, О. В. Токарчук²⁾

¹⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, angelokbrest@gmail.com

²⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, oleg.v.tokarchuk@mail.ru

В статье представлены возможности создания электронных атласов средствами облачной платформы картографирования ArcGIS Online при проведении исследований качества поверхностных вод города Бреста. С использованием шаблона ArcGIS StoryMaps были созданы три электронных атласа, показывающих результаты химического исследования качества воды в водотоках города и содержания микропластика в водотоках и водоемах. Представлен алгоритм реализации электронных атласов.

Ключевые слова: Брест; поверхностные воды; водные ресурсы; ГИС-технологии; база данных.

DEVELOPMENT AND CREATION OF ELECTRONIC ATLASES BY MEANS OF ARCGIS STORYMAPS (ON THE EXAMPLE OF ATLASES OF SURFACE WATER QUALITY OF BREST CITY)

A. A. Ignatchuk¹⁾, O. V. Tokarchuk²⁾

¹⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, angelokbrest@gmail.com;

²⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, oleg.v.tokarchuk@mail.ru

The article presents the possibilities of creating electronic atlases by means of ArcGIS Online cloud mapping platform when conducting surface water quality studies of the city of Brest. Using the ArcGIS StoryMaps template three electronic atlases showing the results of chemical investigation of water quality in watercourses of the city and the content of microplastics in watercourses and reservoirs were created. The algorithm of electronic atlases realization is presented.

Keywords: Brest; surface water; water resources; GIS-technologies; database.

В настоящее время в научных исследованиях наблюдается значительное увеличение полевых и аналитических работ результатом которых является получение большого количества цифрового материала имеющего геолокализованную привязку. Такие исследования характерны не сколько

для географических исследований, сколько для биологических, экологических, химических. Однако, анализ научных журналов, сборников материалов научных конференций, собственно докладов на научных конференциях показывает, что чаще всего такие данные представлены в научных работах в виде таблиц либо вообще, как текстовое описание полученных результатов.

Все это уменьшает не только иллюстративность научной работы, но и не дает возможности выполнить геопространственный анализ полученных результатов. Например, увидеть в какой части территории исследования полученные результаты соответствуют норме либо превышают ее. Также аналитические карты дают возможность провести районирование территории по анализируемым характеристикам либо давать рекомендации по территориальному признаку.

Таким образом, большое значение приобретает создание электронных атласных продуктов, которые могут содержать не только аналитические карты, но и текстовый материал, графики, фотографии, гиперссылки и др.

Еще большую значимость будут иметь электронные атласы, выполненные в среде Интернет, размещенные в свободном доступе, которые можно не только распространять с использованием гиперссылки либо встраивания на сайт, но и найти с использованием простого поиска в любых браузерах.

Для создания подобных продуктов можно пользоваться конструкторами картографических веб-приложений, с помощью которых можно создавать не только атласы, но и любые другие интерактивные ГИС-продукты (виртуальные экскурсии, интерактивные каталоги, веб-паспорта и др.). Однако, для того чтобы реализовать на основании доступных картографических веб-конструкторов электронный атлас необходимо самому продумать технологии и алгоритмы создания ГИС-проекта, а также возможности использования элементов и технологических возможностей конструктора для реализации именно атласного продукта. Таким образом, на основании опыта эколого-гидрологических исследований [1], а также опыта создания электронных атласных продуктов [2] были рассмотрены возможности создания эколого-гидрологических атласов для территории крупного города (на примере Бреста).

В настоящем исследовании приводится пример создания с помощью картографического веб-приложения ArcGIS StoryMaps [3] облачной платформы картографирования ArcGIS Online электронных атласов, отображающих результаты оценки качества поверхностных вод города Бреста. Данный шаблон представляет собой новую современную платформу для создания повествований (т.н. «историй») с помощью интерактивных карт и других типов материалов (текста, фотографий, таблиц и др.) [4].

В целом, при создании веб-приложений с использованием шаблона ArcGIS StoryMaps можно пользоваться тремя группами элементов «конструктора»: базовым (текст, кнопки и др.), медиа (веб-карты, изображения, видео и др.) и разнонаправленным (слайд-шоу, тур по карте и др.) (табл. 1).

Таблица 1

Элементы конструктора картографического веб-шаблона ArcGIS StoryMaps

Базовый	Медиа	Разнонаправленный
 Текст	 Карта	 Слайд-шоу
 Кнопка	 Изображение	 Боковой блок
 Разделитель	 Видео	 Тур по карте
 Код	 Шторка	
 Таблица		

Важным достоинством ArcGIS StoryMaps является пластичность и работа в режиме «конструктора». Другими словами, данный тип ГИС-шаблона представляет собой одну веб-страницу (веб-документ), в пределах которого можно самостоятельно выбирать те части шаблона (элементы «конструктора»), которые необходимы для конкретного раздела, создаваемого ГИС-проекта (в данном случае электронного атласа). Каждый раздел веб-приложения (электронного атласа) может технически представлять собой как один элемент «конструктора» (например, «тур по карте»), так и быть созданным с использованием разных элементов «конструктора».

Помимо гибкости комбинирования шаблонов историй, ArcGIS StoryMaps имеет значительное количество разнообразных функций. Это функции автосохранения, дублирования веб-приложения, возможности внесения изменений в уже опубликованные документы, предварительный просмотр того, как будет выглядеть веб-приложение на разных устройствах и другие.

Таким образом с использованием конструктора ArcGIS StoryMaps было выполнено три электронных атласа: «Содержание элементов микропластика в водных объектах города Бреста» и «Качество поверхностных вод Бреста» (табл. 2).

В структуре созданных атласов можно выделить тематическую (содержательную) и компонентную (информационную) части.

Тематическая (содержательная) часть представляет собой общую структуру атласов.

Электронные атласы «**Содержание элементов микропластика в поверхностных водах**» созданы для каждого из типов водных объектов (водоёмы и водотоки) по аналогичной методике и состоят из трех частей:

Общие сведения. Включает описание методики исследования, общую характеристику водных объектов и мест отбора образцов, содержит интерактивную карту мест отбора образцов и привязанными к местоположениям фотографиями, основными характеристиками воды.

Таблица 2

Электронные атласы с использованием конструктора ArcGIS StoryMaps

Название атласа	Содержание элементов микропластика в водоёмах Бреста	Содержание элементов микропластика в водотоках Бреста	Качество поверхностных вод Бреста
Ссылка на атлас	https://arcg.is/1r0PK9	https://arcg.is/1WLD8C0	https://arcg.is/0S4aXD
Видео-обзор			

Характеристика водных объектов (водоёмов или водотоков). Включает интерактивные карты особенностей водных объектов, в пределах которых отбирались образцы. Например, для репрезентативных водоёмов представлены карты «Площадь», «Периметр», «Размер», «Происхождение», «Особенности водосбора», «Назначение».

Содержание микропластика. Содержит интерактивные карты результатов исследований. В первую очередь, это карты по количеству элементов микропластика и по его разновидностям (пленки, фрагменты, шарики, гранулы, нити) в каждом водном объекте. Также данный раздел включает карты по общему количеству элементов микропластика и количеству встречаемых типов микропластика.

Атлас «**Качество поверхностных вод Бреста**» состоит из 18 разделов, которые по смыслу и тематическому содержанию можно объединить в пять частей:

Методика. Содержит описание общих сведений о методических особенностях исследования и используемой тестовой системе.

Места отбора. Включает интерактивные карты мест отбора образцов с фотографиями и результатов оценки качества воды, собственно, на тестовой системе.

Качество вод по отдельным показателям. Содержит серию интерактивных разделов по каждому из оцениваемых показателей (кислотность, щелочность, нитраты, нитриты, фосфаты, цинк и др.). Каждый раздел

включает две карты показывающие общие результаты исследования и их соответствие нормам предельно-допустимых концентраций.

Итоговая оценка. Раздел включает интерактивные карты, отображающие общие результаты исследования.

Публикации. Компонентная (информационная) часть включает разные типы материалов, которые создавались с использованием возможностей конструктора картографического веб-шаблона ArcGIS StoryMaps.

Из базовых элементов конструктора использовались текст, кнопки и разделители.

Наиболее значимым компонентом в веб-приложении является *текст*, который в атласах выполняет несколько функций: (1) описательную (описание картосхем, графиков); (2) это информационно-справочную (информация о количестве и особенностях распространения микропластика и загрязнителей разного типа в пределах водных объектов); (3) пояснительную (пояснения к иллюстративному материалу и интерактивным картам).

В отдельных разделах использовались *кнопки*, как визуально значимые инструменты для привязки гиперссылок. Например, в разделах «Методика исследования» с помощью кнопок можно перейти на более подробные инструкции для проведения аналогичных исследований.

Разделители используются для отделения друг от друга как разделов, так и для деления текста внутри разделов.

Из конструктора «Медиа» при создании электронных атласов использовались практически все элементы.

Наиболее значимым элементом данного раздела является *карта*. Карты являются основным и самым главным элементом электронных атласов, они создавались разными путями (как экспресс-карты, с помощью конструктора веб-карт и разных типов легенды и др.) и представляют собой собственно основу (каркас) атласа, к которой прикрепляются остальные типы материалов (текст, иллюстрации и др.). Помимо основных карт, которые отображали собственно результаты оценки качества поверхностных вод Бреста в атласы включались и дополнительные карты, которые выполняют обзорную или иллюстративную функцию.

Изображения также играют значительную роль в пределах созданных электронных атласов. Они представлены в виде фотографий, схем, диаграмм.

Из конструктора «Разнонаправленный» использовались два типа инструментов: «Боковой блок» и «Тур по карте».

«*Боковой блок*» представляет собой сочетание двух окон: большого (основного) окна, в пределах которого возможно создание веб-карты, вставки другого веб-приложения, изображения, видео, а также малого (дополнительного) окна, где можно писать текст, добавлять изображения, кнопки, веб-карты и др.

Данный элемент конструктора при реализации электронных атласов, согласно разработанной методике, являлся основным, т.к. именно с помощью структуры боковых блоков происходило объединение интерактивных карт, описательного текста, фотографий, диаграмм и некоторых других элементов (рис. 1). В вспомогательном окне атласов к каждой веб-карте вставлены дополнительные иллюстрации (диаграммы, графики), информационно-справочный и пояснительный текст.

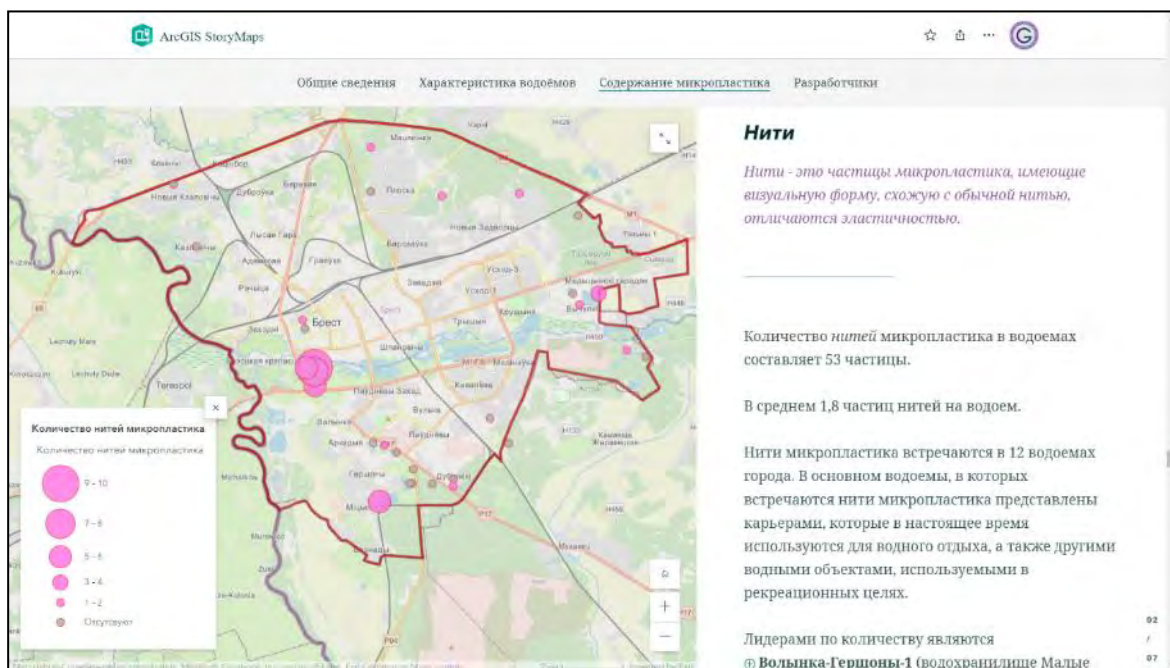


Рис. 1. Раздел «Содержание микропластика», выполненный в виде бокового блока

Здесь также следует отметить, что при добавлении в основное окно бокового блока в шаблоне ArcGIS StoryMaps имеются возможности настройки взаимодействия текста из вспомогательного окна с веб-картой. Данные возможности широко использовались при выполнении атласов. В частности, при перечислении мест отбора образцов с наилучшими и наихудшими показателями к названиям водоемов или точек отбора настраивалось взаимодействие, что позволяло масштабировать карту для подробного изучения водного объекта (рис. 2).

«Тур по карте» представляет собой простое картографическое веб-приложение, где происходит объединение набора местоположений (точек) на карте с различными типами информации по данным точкам. В частности, к каждому местоположению можно привязать название точки, ее описание, фотографию, кнопки, гиперссылки. Тур по карте может быть представлен в нескольких видах компоновки.

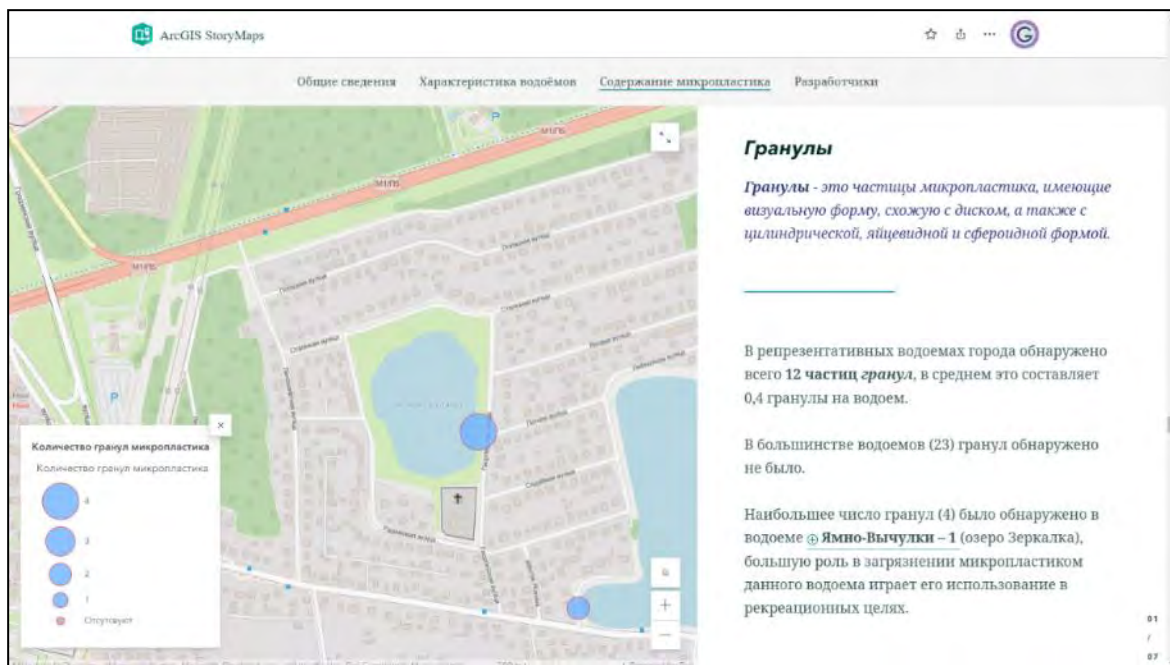


Рис. 2. Масштабирование места отбора «Ямно-Вычулки-1» при настройке взаимодействия с картой

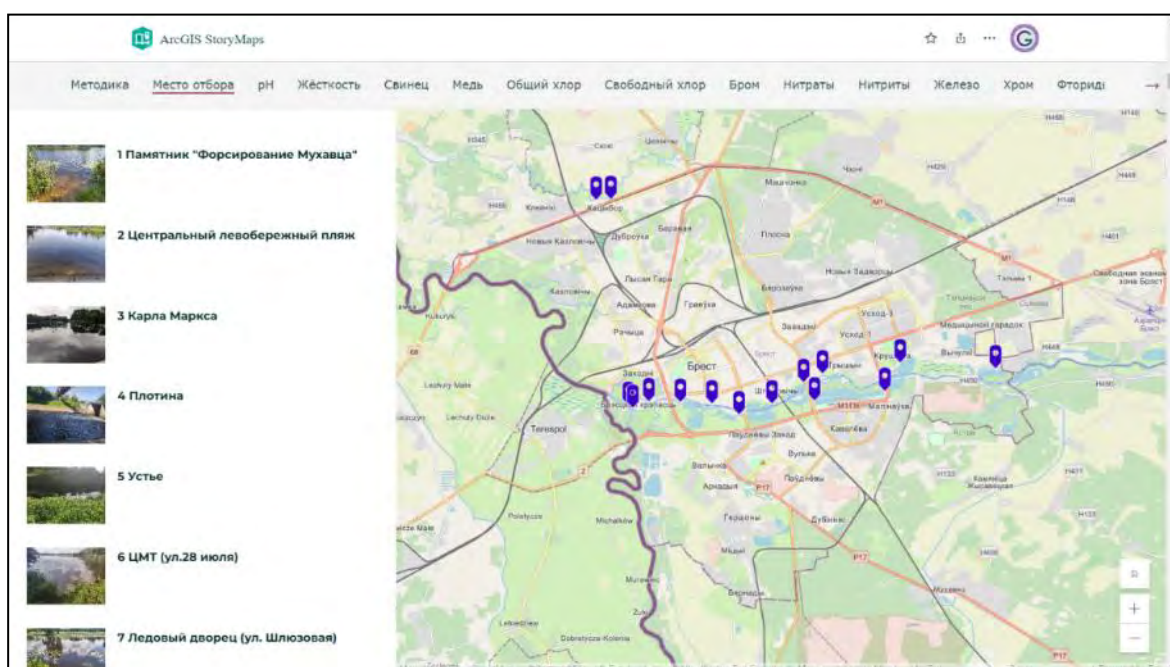


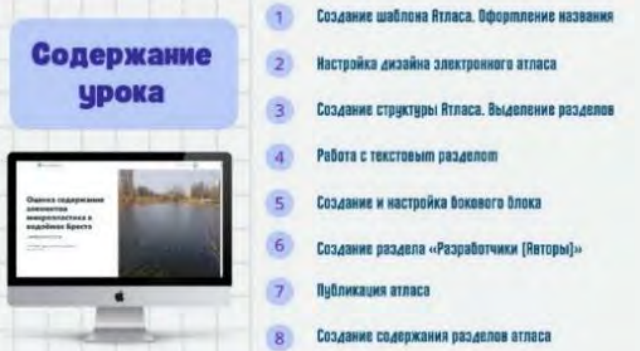
Рис. 3. «Тур по карте», отображающий места отбора образцов для изучения качества вод в водотоках города

При создании атласов тур по карте использовался в разделе «Места отбора», где с его помощью проводилось отображение территорий исследований с их фотографиями (рис. 3).

Следует отметить, что в целях распространения полученного опыта была разработана видео-инструкция, которая на примере атласа «Содержание элементов микропластика в водоёмах Бреста» показывает пошаговое создание электронного атласа с готовыми веб-картами на основании конструктора ArcGIS StoryMaps. Видеоинструкция включает 8 основных частей, многие из которых разбиты еще на подвопросы (табл. 3).

Таблица 3

Инструкция. Создание электронного атласа. ArcGIS StoryMaps

Инструкция. Создание электрон- ного атласа. ArcGIS StoryMaps		
---	--	---

Таким образом, с использованием современных облачных картографических платформ возможно создание сложных многоплановых электронных атласов, которые позволяют, с одной стороны, объединить в одном документе результаты аналитического научного исследования и открыть к нему доступ в сети Интернет, а с другой, – отобразить данное исследование в красочном иллюстративно-картографическом формате.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (студенческий грант «Разработка геоинформационной модели оценки ментального образа экологического состояния города (на примере Бреста)»; № госрегистрации 20230525 от 20.04.2023).

Библиографические ссылки

1. Токарчук О. В., Токарчук С. М., Новик О. И. Направления микрорегиональных эколого-гидрографических исследований (на примере Берёзовского района Брестской области) // Псковский регионологический журнал. 2016. № 2 (26). С. 32-47.
2. Токарчук С. М., Токарчук О. В., Трофимчук Е. В. Методические основы создания региональных электронных эколого-географических атласов // Псковский регионологический журнал. 2015. № 22. С. 95-110.
3. ArcGIS StoryMaps [Электронный ресурс]. URL: <http://storymaps.arcgis.com>. (дата обращения: 21.10.2023).
4. Токарчук С. М., Токарчук О. В., Полячок Т. С. Картографическое веб-приложение «Урбанонимы Бреста» // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. Псков: Псковский государственный университет, 2022. Т. 15. № 2. С. 97–107.

ОБРАБОТКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ГИС ПАНОРАМА

Д. В. Сорочинский¹⁾, А. Б. Кафтаничкова²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь, email: geo.sorochindv@bsu.by

²⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь

Изучены способы обработки геодезических данных и возможности геодезического редактора ГИС «Панорама», выполнена работа по построению цифровой модели рельефа.

Ключевые слова: Геодезические измерения, ГИС «Панорама», геоинформационные системы, Цифровая модель рельефа, обработка геодезических данных.

PROCESSING OF GEODETIC DATA IN GIS PANORAMA

D. V. Sorochinsky¹⁾, A. B. Kaftanichikova²⁾

¹⁾ Belarusian State University, Independence Ave., 4, 2203030, Belarus,
email: geo.sorochindv@bsu.by

²⁾ Belarusian State University, Independence Ave., 4, 2203030, Belarus

Methods for processing geodetic data and the capabilities of the geodetic editor of the GIS "Panorama" were studied, and work was done to construct a digital relief model.

Keywords: Geodetic measurements, GIS "Panorama", geographic information systems, Digital elevation model, processing of geodetic data.

Геодезические данные являются частью компонентов ГИС и играют важную роль в различных видах деятельности, таких как геодезия, картография, строительство, экология и многое другое. Обработка геодезических данных в ГИС «Панорама 14» является актуальной задачей, которая позволяет создавать точные и надежные карты, планировать строительство и инженерные проекты, а также наблюдать за изменениями в природной и городской среде [11].

Для создания цифровой модели рельефа в качестве исходных были использованы полевые геодезические данные и материалы аэрофотосъемки, предоставленные Топографо-геодезическим республиканским унитарным предприятием «Белгеодезия».

Построение цифровой модели рельефа осуществлялось с помощью Прикладной задачи «Комплекс геодезических расчетов» (Геодезический редактор).

Первичная обработка обменных данных заключается в пересчете координат точек из МСК в WGS-84. Преобразование координат из входной пользовательской проекции в выходную проекцию выполняется через геодезические координаты на общеземном эллипсоиде WGS-84.

Результатом работы является карта в формате MAP, SIT, SITX, содержащая только точечные объекты для структуры полей X Y H или объекты любой локализации для структуры формата WKT.

После получения координат точек, было выполнено построение горизонталей рельефа. Целью построения изолиний является получение планового положения линий равных значений характеристики по набору пикетных точек. Характеристика для получения изолиний может храниться в семантике пикетных точек или в связанной с ними таблице базы данных. В связи с наличием точек с некорректными значениями высот, некоторые горизонталы оказались проведены недостаточно точно, поэтому дальнейшее построение проводилось вручную с помощью функций «Рассечение линейного объекта в точке» и «Сшивка объектов» [12].

Для дальнейшей работы и последующего построения цифровой модели рельефа, в проект были добавлены растровые файлы фотопланов на данную территорию (рис. 1).

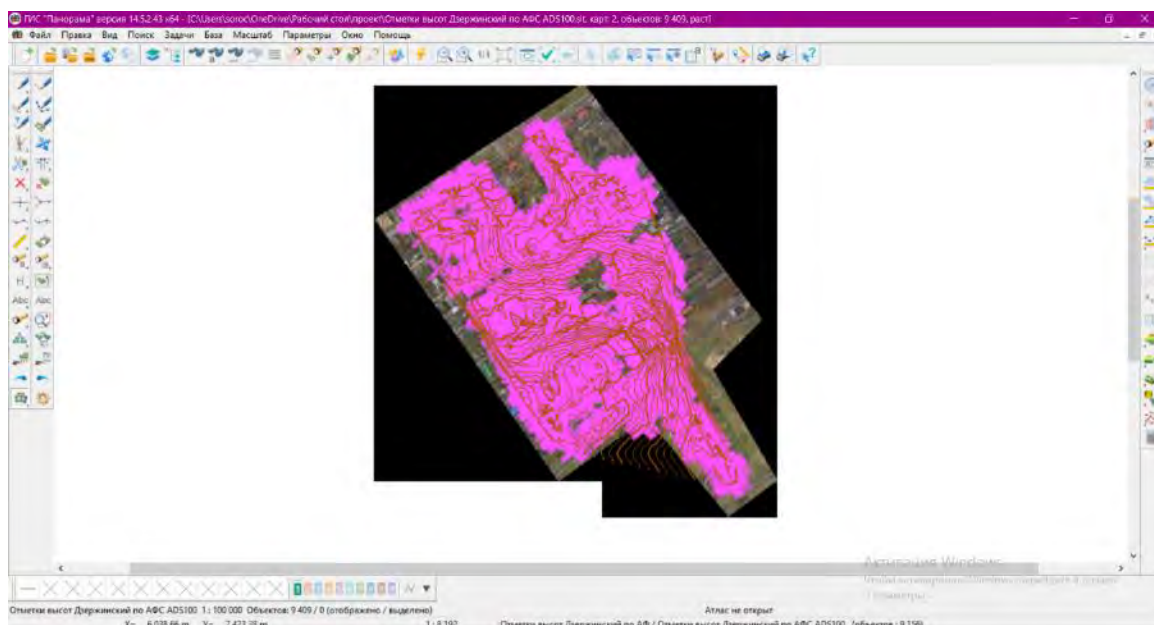


Рис. 1. Совмещенные данные (сост. авт.)

Для создания ЦМР на данную территорию, изначально была построена матрица высот (рис. 2).

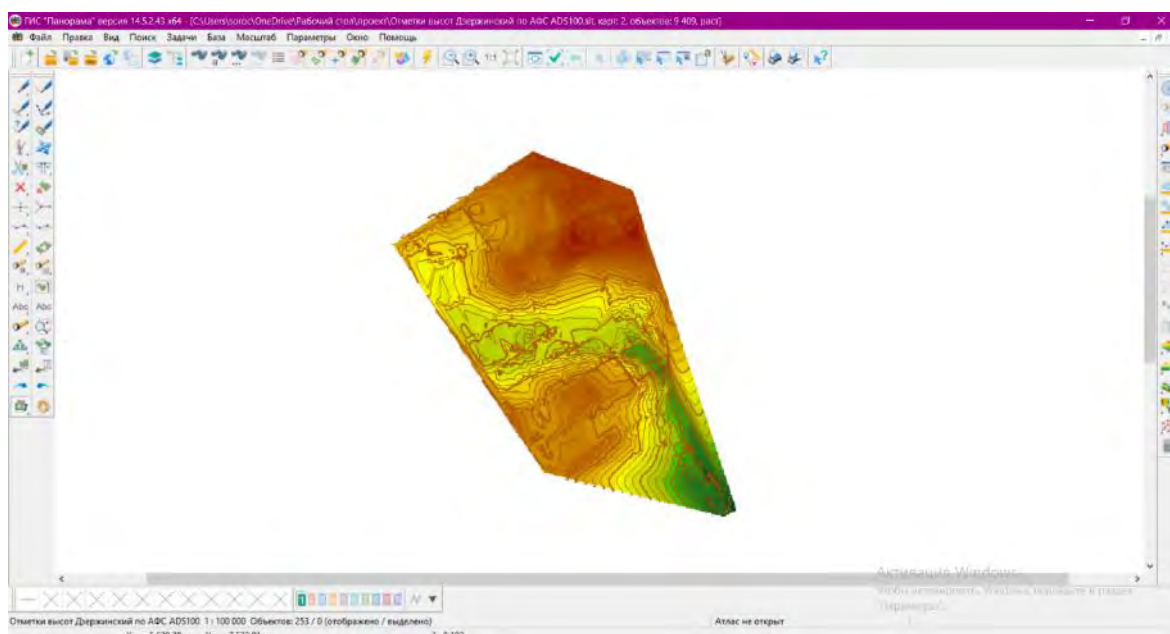


Рис. 2. Результат построения матрицы высот (сост. авт.)

При построении матрицы используется информация объектов карты и всех добавленных к ней пользовательских карт. В матрицу информация о высотах записывается в упакованном виде, что существенно уменьшает размер файла [13].

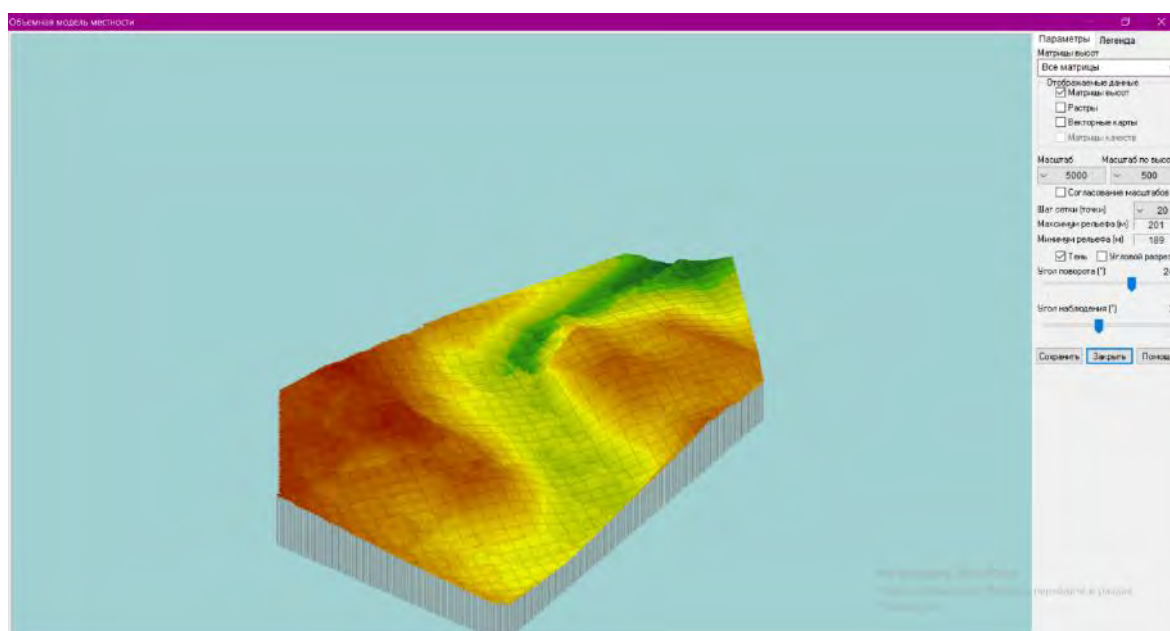


Рис. 3. Цифровая модель рельефа (сост. авт.)

Дальнейшая работа заключалась в построении цифровой модели рельефа на основании матрицы высот, расчет площади и длины участка с учетом рельефа местности (рис. 3).

Данная работа позволяет расширить знания и практические навыки в области геодезии и обработки геодезических данных, а также показывает возможность использования ГИС «Панорама 14» для обработки первичных геодезических данных и построения цифровой модели рельефа.

Библиографические ссылки

1. Берлянт А. М. Картография. Москва: Аспект-Пресс, 2002. 336 с.
2. Билич Ю. С., Васмут А. С. Проектирование и составление карт: Учебник для вузов. М.: Недра, 1984. 364 с.
3. Инженерная геодезия: Учебник для вузов / Г. В. Багратуни [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1984. 344 с.
4. Методы и приборы высокоточных геодезических измерений в строительстве. В. Д. Большаков [и др.]. М.: Недра, 1976. 335 с.
5. Востокова А. В., Кошель С. М., Ушакова Л. А. Оформление карт. Компьютерный дизайн: учебник. М.: Аспект Пресс, 2002. 288 с.
6. Дементьев В. Е. Современная геодезическая техника и ее применение: учебное пособие для вузов. Изд. 2-е. М.: Академический Проект, 2008. 591 с.
7. Кочетова Э. Ф. Инженерная геодезия: учебное пособие. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2012. 153 с.
8. Маслов А. В., Гордеев А. В., Батраков Ю. Г. Геодезия. М.: КолосС, 2006. 598 с.
9. Попов В. Н., Чекалин С. И. Геодезия: учебник для вузов. М.: Горная книга, 2007.
10. Салищев К. А. Проектирование и составление карт. Москва: Изд-во МГУ, 1978. 240 с.
11. Геодезия: учебник для вузов / А. Г. Юнусов [и др.]. М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2011. 409 с.
12. Документация и учебные материалы к геоинформационным системам КБ "Панорама". URL: <https://gisinfo.ru/download/doc.html> (дата обращения: 02.11.2023).
13. Список проектов КБ ГИС Панорама. URL: <https://help14.gisserver.ru/> (дата обращения: 03.11.2023).

ВОЗМОЖНОСТИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

В. Е. Филиппова, М. П. Дружнова

*Новгородский Государственный Университет имени Ярослава Мудрого,
lerafilippova030204@mail.ru*

В данной статье рассматривается применение географических информационных систем (ГИС) в различных областях деятельности. Описываются основные функции и возможности ГИС. Приведены примеры использования ГИС в экологии, природопользовании, метеорологии, охране природы и других сферах.

Ключевые слова: Географические информационные системы; ландшафт; охрана природы; метеорология; климатология; экология; природопользование.

CAPABILITIES OF GIS TECHNOLOGIES

V. E. Filippova, M. P. Druzhnova

Yaroslav the Wise Novgorod State University, lerafilippova030204@mail.ru

This article discusses the application of geographic information systems (GIS) in various fields of activity. The main functions and capabilities of GIS are described. Examples of GIS use in ecology, nature management, meteorology, nature protection and other spheres are given.

Keywords: Geographic information systems; landscape; nature protection; meteorology; climatology; ecology; nature management.

В современном мире географические информационные системы (ГИС) стали неотъемлемой частью нашей жизни. Они используются в различных отраслях, таких как экология, природопользование, метеорология, охрана природы, и многих других. ГИС-технологии позволяют собирать, хранить, обрабатывать и анализировать пространственные данные, что делает их незаменимыми при решении многих задач, связанных с пространственной информацией.

В данной статье будут рассмотрены основные аспекты использования ГИС-технологий в различных областях деятельности человека, их преимущества и недостатки, а также перспективы развития и их влияние на общество и окружающую среду.

Изучение возможностей и ограничений использования ГИС-технологий, а также определение их места в современном обществе не возможно без рассмотрения истории развития таковых.

ГИС-технологии обеспечивают инструменты для моделирования ландшафта [1] на основе различных параметров, таких как топография, растительность, гидрология, почвы и др. Это позволяет создавать детальные и точные модели ландшафта, которые могут быть использованы для различных целей, включая:

- оценку природных ресурсов (вода, лес, сельскохозяйственные земли и т.д.), подразумевающую моделирование ландшафта для их изучения и определения расположения, доступности, качества и количества;
- планирование землепользования, определяющее наиболее подходящие места для различных видов землепользования, таких как сельское хозяйство, жилищное строительство, промышленность и т. д. с учетом различных факторов, таких как рельеф, гидрология и почвы.

Географические информационные системы играют важную роль в области охраны окружающей среды и сохранения природных территорий, поскольку они обеспечивают инструменты для сбора, анализа и представления пространственных данных, связанных с природными ресурсами и экосистемами.

Одним из основных применений ГИС в этой области является создание и поддержание баз данных о природных территориях, их биологическом разнообразии, экологических процессах и угрозах для окружающей среды. Географические информационные системы позволяют визуализировать эти данные, что облегчает принятие решений о сохранении и управлении природными территориями.

Кроме того, ГИС используются для планирования и мониторинга охраняемых природных территорий [2], таких как национальные парки, заповедники и заказники. Они позволяют определить оптимальные границы этих территорий, а также контролировать их использование и состояние.

Также ГИС активно применяются для изучения и предотвращения экологических проблем [3], таких как загрязнение окружающей среды, эрозия почв, изменение климата и вымирание видов. Они помогают определить источники загрязнения, оценить его влияние на экосистемы и разработать стратегии для его снижения.

В целом, географические информационные системы являются важным инструментом для охраны природы и сохранения биологического разнообразия, обеспечивая сбор, анализ и визуализацию данных о природных ресурсах и экосистемах для принятия обоснованных решений в области охраны природы.

ГИС в метеорологии [4] используются для сбора, анализа и визуализации метеорологических данных. С помощью ГИС метеорологи могут создавать карты погоды, анализировать закономерности климата и предсказывать будущие погодные условия.

ГИС в метеорологии выполняет следующие функции:

- сбор и обработка метеорологических данных (температура, влажность, давление, скорость ветра, облачность и др.) с различных источников (метеорологических станций, спутников и др.);
- визуализация метеорологических данных в виде карт, графиков и диаграмм, помогающая быстро и наглядно анализировать данные и определять потенциальные проблемы или закономерности;
- прогнозирование погоды на основе анализа метеорологических данных и с учетом различных факторов, таких как высота над уровнем моря, близость к водоемам и т. д.;
- мониторинг климата (анализ данных за длительный период времени), помогающий метеорологам отслеживать его изменения и определять влияние на погодные условия конкретной местности.

Географические информационные системы в экологии [5] используются для хранения, управления и анализа экологических данных. Они позволяют визуализировать и анализировать пространственные данные, такие как местоположение различных видов растений и животных, загрязнение окружающей среды, распределение популяций и многое другое.

ГИС позволяет собирать и хранить данные о различных экологических параметрах [6], таких как температура, влажность, уровень загрязнения и т. д. Эти данные могут быть получены из различных источников, таких как спутниковые снимки, полевые наблюдения, метеорологические станции и другие. Затем эти данные могут быть визуализированы и проанализированы с помощью различных инструментов ГИС, чтобы получить информацию о пространственных и временных изменениях экологических параметров. Это помогает ученым, экологам и другим специалистам принимать более обоснованные решения в области охраны окружающей среды, планирования и управления природными ресурсами.

Таким образом, географические информационные системы играют ключевую роль в области природопользования, предоставляя инструменты для сбора, анализа, визуализации и управления данными о природных ресурсах и окружающей среде. С помощью ГИС можно создавать подробные карты, которые отображают географическое распределение различных природных ресурсов, таких как почвы, водные объекты, растительность, животный мир, а также антропогенные объекты, такие как промышленные предприятия, транспортные сети и населенные пункты.

К основным возможностям ГИС в природопользовании можно отнести [7]:

- сбор и систематизация данных о природных объектах и процессах, а также об антропогенных воздействиях на окружающую среду. Такие дан-

ные могут быть получены из различных источников, включая полевые исследования, дистанционное зондирование, статистические данные и научные исследования;

- анализ пространственных и временных данных, таких как корреляция между различными природными ресурсами, оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду, анализ динамики растительности и почв, а также прогнозирование изменений в окружающей среде под влиянием антропогенных факторов;

- визуализация данных, позволяющая наглядно отображать и анализировать пространственные закономерности и взаимосвязи между различными природными объектами и процессами.

Благодаря своим возможностям по сбору, анализу и визуализации данных, ГИС обеспечивают эффективное решение широкого спектра задач. Однако, наряду с преимуществами, использование ГИС также имеет ряд ограничений и недостатков. Одним из них является высокая стоимость программного обеспечения и оборудования, необходимого для работы с ГИС. Кроме того, некоторые пользователи могут столкнуться с трудностями в освоении программного обеспечения и его настройке под свои нужды.

Тем не менее, развитие ГИС-технологий продолжается, и уже сейчас можно говорить о значительном прогрессе в этой области. Улучшение технических характеристик оборудования и программного обеспечения, а также увеличение доступности данных способствуют расширению сферы применения ГИС и повышению их эффективности.

Библиографические ссылки

1. ГИС-технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии / Т. А. Трифонова [и др.] // ErsiGIS // URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2002/03/15/gis-adaptive-landscape-agriculture/> (дата обращения: 25.10.2023).

2. Планирование и зонирование особо охраняемых природных территорий с помощью ГИС и ДДЗ / А. Ю. Ротанов [и др.] // Ersi GIS. URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2008/05/17/oopt-planning-zonning/> (дата обращения: 24.10.2023).

3. Геоинформационные системы в экологии. URL: <https://cyberpedia.su/16x3120.html> (дата обращения: 25.10.2023).

4. Анализ и визуализация данных о погоде с помощью ГИС / Т. А. Трифонова [и др.] // GISWeather. URL: <https://www.esri.com/ru/industries/earth-sciences/disciplines/gis-weather> (дата обращения: 24.10.2023).

5. *DeGloria S. D.* GIS and Remote Sensing for Ecologists. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.

6. *Милехин О. Е.* Применение спутниковой информации для решения задач гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды // Москва: НИЦ «Планета», 2020. 66 с.

7. *Черемисина Е. Н., Никитин А. А.* Геоинформационные системы в природопользовании // URL: http://www.geosys.ru/images/articles/Cheremicina_Nikitin (дата обращения: 25.10.2023).

ПОЛУЧЕНИЕ ДАННЫХ О РЕЛЬЕФЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ДДЗ

Е. С. Фруль, А. Л. Киндеев

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости 4,
г. Минск, Беларусь, zhenyafrul@yandex.ru*

Применены самые современные способы получения ЦМР. Проведен сравнительный анализ точности ЦМР на базе опытного участка. Построены матрицы ошибок опытного участка и выявлены основные недостатки космической радиолокационной съёмки. Материалы данного исследования помогут при возникновении проблем получения данных о рельефе земной поверхности при проведении исследований в различных областях, особенно в почвоведении.

Ключевые слова: рельеф; LIDAR; Sentinel-1; цифровая модель рельефа; DEM.

OBTAINING DATA ON THE RELIEF OF THE EARTH'S SURFACE USING REMOTE SENSING DATA

E. S. Frul, A. L. Kindeev

*Belarusian State University, 4 Nezavisimosti Ave.,
Minsk, Belarus, zhenyafrul@yandex.ru*

The most modern methods of obtaining DEM have been applied. A comparative analysis of the accuracy of the DEM on the basis of the experimental site was carried out. Error matrices of the experimental site are constructed and the main disadvantages of space radar survey are revealed. The materials of this study will help in case of problems with obtaining data on the relief of the Earth's surface when conducting research in various fields, especially in soil science.

Keywords: relief; LIDAR; Sentinel-1; DEM.

Рельеф является одним из ключевых факторов многих географических исследований. Цифровые модели рельефа позволяют быстро и удобно получать большое количество различных показателей и использовать их для моделирования сложных природных явлений, например водная эрозия, паводки, подтопления территорий, лесные пожары и т.д. [2].

На сегодняшний день существует большое количество способов получения данных о рельефе земной поверхности. К ним можно отнести следующие способы: тахеометрическая съёмка, построение ортофотопланов, радиолокационная съёмка, воздушно-лазерное сканирование. У всех способов есть свои недостатки, а также сильные стороны.

Основной задачей данной работы выступило получения ЦМР с помощью радарных снимков Sentinel-1 и сравнение полученных данных с ЦМР, созданной с помощью LIDAR.

Объектом исследования является опытный участок, заложенный на территории Барановичского района Брестской области. Участок является действующим сельскохозяйственным полем местного К(Ф)Х. Данная территория расположена в пределах Новогрудской возвышенности, которая входит в состав Западно-Белорусской подобласти Центральнобелорусских возвышенностей и гряд. Новогрудская возвышенность представляет собой ледораздел между неманским и минским потоками и характеризуется монолитностью очертаний и четкой ограниченностью глубокими речными долинами [3].

Для исследования был выбран именно этот район, т.к. именно в пределах его представлены ключевые особенности рельефа Новогрудской возвышенности. На исследуемом участке проведена высокоточная лидарная съёмка, которая и послужила эталоном точности данных.

Безусловно, технология LIDAR имеет очень высокую точность данных, но из-за этого мы имеем проблему небольшой производительности. За 1 день с помощью БПЛА можно отснять около 300 га территории и для этого необходимо организовать выездную экспедицию, поэтому для проведения исследований областного или районного масштаба данная технология окажется нерентабельной, всё зависит от целей исследования и ожидаемых результатов [1].

Поэтому для исследования было решено использовать данные находящиеся в открытом доступе с радарных спутников. Основными преимуществами этих данных являются:

Всепогодность. Для радара на спутнике неважно наличие облачности и время суток, он может работать в любых условиях и получать достаточно точные данные.

Площадь покрываемой территории. Спутники Sentinel покрывают всю Землю всего за 6 дней по сравнению с сотнями гектаров у лидарной съёмки.

Доступность данных. Данные находятся в открытом доступе и не нужно тратить никаких средств на дорогостоящее оборудование.

Sentinel-1A и Sentinel-1B – европейские радиолокационные спутники. Первые спутники, запущенные в рамках космической программы Copernicus Европейского Космического Агентства (ESA). Находясь на одной орбите, оба спутника имеют возможность снять всю территорию Земли в течение 6 дней. На 2021 г. запланирован запуск спутника Sentinel-1C, а в дальнейшем – Sentinel-1D. Основные характеристики съёмочной аппаратуры Sentinel-1 приведены в таблице.

Характеристики съёмочной аппаратуры Sentinel-1

Режим съемки	Пространственное разрешение, м x м	Ширина полосы съемки, км
Strip Map Mode	5 x 5	80
Interferometric Wide Swath	5 x 20	250
Extra-Wide Swath Mode	25 x 100	400
Wave-Mode	5 x 20	20 км x 20 км

Обработка снимков проводилась в программном продукте SeNtinel Application Platform (SNAP). Для получения ЦМР из “сырых” данных необходимо выполнить следующую последовательность процессов: Read > Calibration > Terrain Flattening > Thermal Noise Removal > Terrain Correction > Write [4].

Для облегчения и автоматизации получения результатов при помощи инструмента Graph Builder сделана цепочка выполнения всех предыдущих шагов с заданными параметрами. Данное решение в значительной степени ускоряет получение конечных результатов, т.к. обработка снимка сводится к необходимости в одном окне выбрать все необходимые параметры и дожидаться последовательного завершения всех процессов.

В качестве исходных данных для сравнения точности построения ЦМР (рисунки 1-3) использовались космоснимки спутников Sentinel-1, TanDEM-X, SRTM, а также лидарные данные полученные во время самостоятельных исследований.

За эталонные значения было принято использовать данные лидарной съёмки, как наиболее точные и достоверные. Для каждой ЦМР необходимо построить матрицы ошибок. Для этого использовался инструмент калькулятор растров. Так как у всех ЦМР разные пространственные разрешения, то ЦМР полученные на основе данных LIDAR необходимо усреднять. Для этого использовался инструмент изменить разрешение. Из-за таких манипуляций могут возникать погрешности в вычислениях, но они будут незначительные и их невозможно избежать. На рисунках 4-7 представлены матрицы ошибок, которые отражают разницу высот между эталонными значениями, и полученными по данным спутников.

ЦМР, построенная по данным Sentinel-1, имеет пространственное разрешение 5м, что является самым высоким разрешением среди всех спутников. Из матрицы и гистограммы распределения ошибок (рис. 8-11), видно следующее: основная масса ошибок сконцентрирована в промежутке от -2 м до 2 м. Производителем спутника как раз заявлена данная точность.

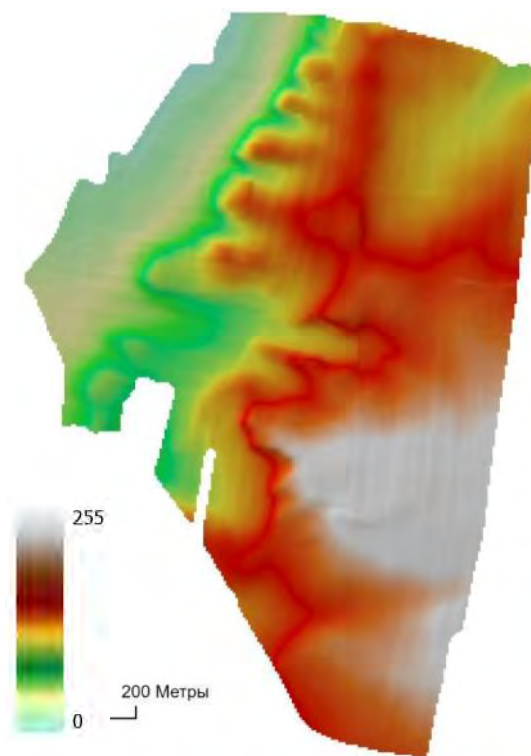


Рис. 1. ЦМР по данным LIDAR
(разрешение 5м)

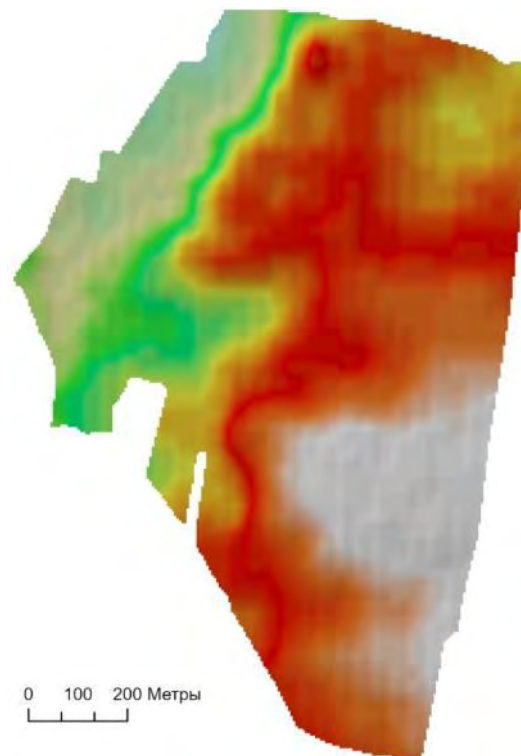


Рис. 2. ЦМР по данным Sentinel-1
(разрешение 5м)

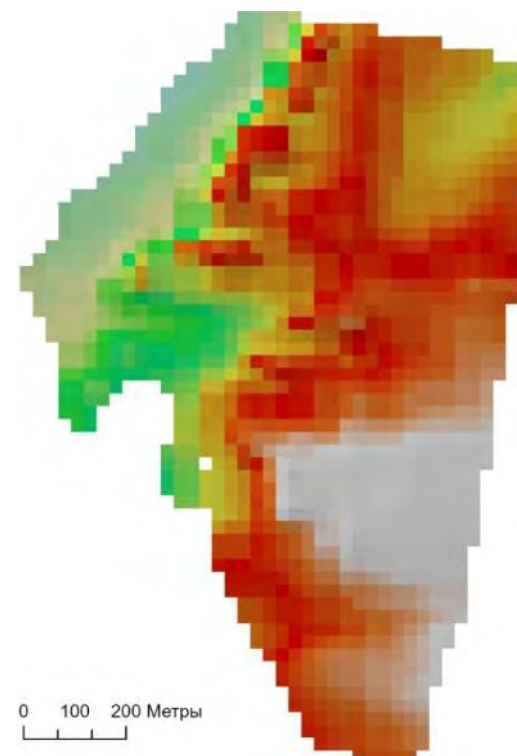


Рис. 3. ЦМР по данным
TanDEM-X, (разрешение 25м)

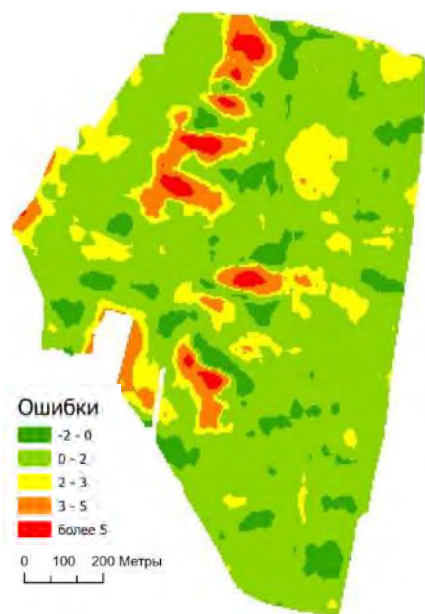


Рис. 4. Матрица ошибок для Sentinel-1 (разрешение 5м)

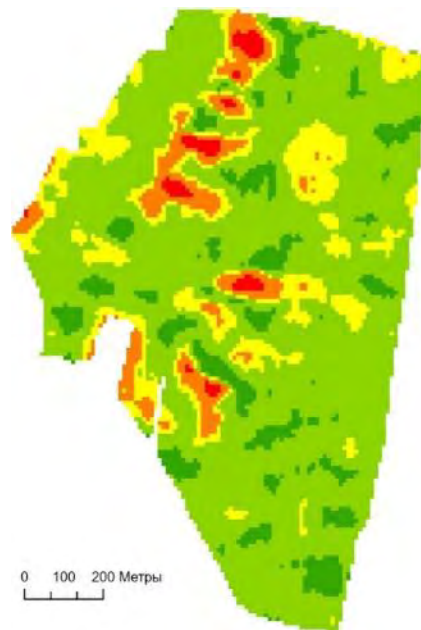


Рис. 5. Матрица ошибок для Sentinel-1 (разрешение 10м)

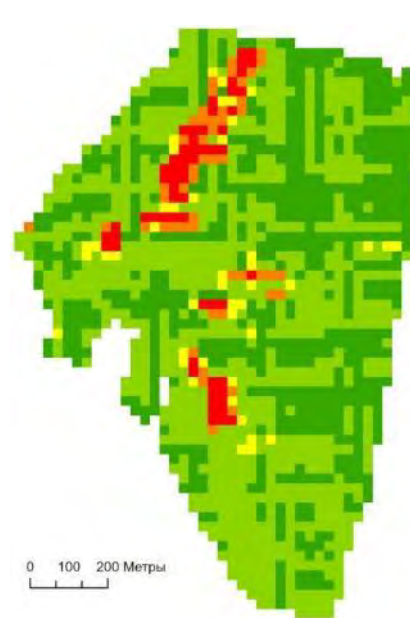


Рис. 6. Матрица ошибок для TanDEM-X (разрешение 25м)

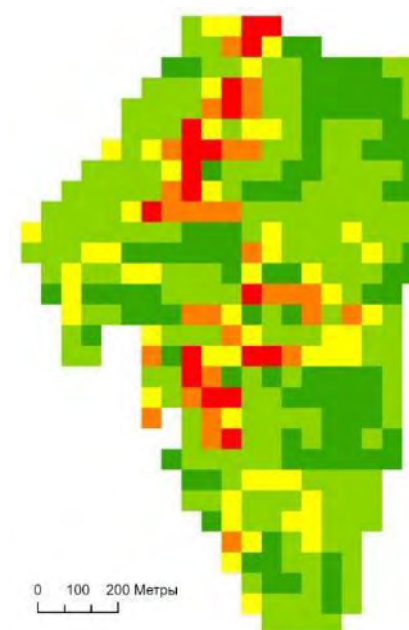


Рис. 7. Матрица ошибок для SRTM (разрешение 50м)

Ошибки, выходящие за пределы этого диапазона, обусловлены наличием эрозионных форм рельефа, расположенных под древесно-кустарниковой растительностью. Такие ошибки также могут быть вызваны попаданием сканирующего луча в теневую сторону склона. Для нивелирования данной ошибки существует возможность получения ЦМР с помощью интерферограммы полученной на основе данных снимков, полученных под разным углом.

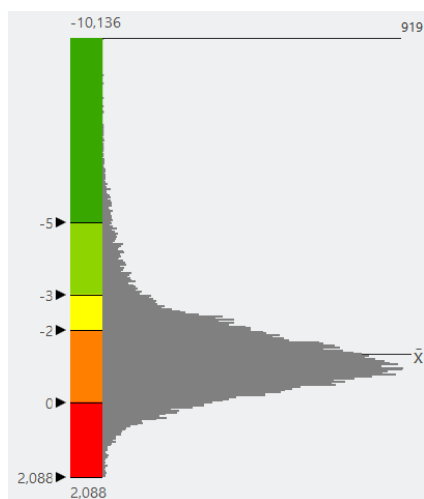


Рис. 8. Гистограмма распределения ошибок Sentinel-1 (5м)

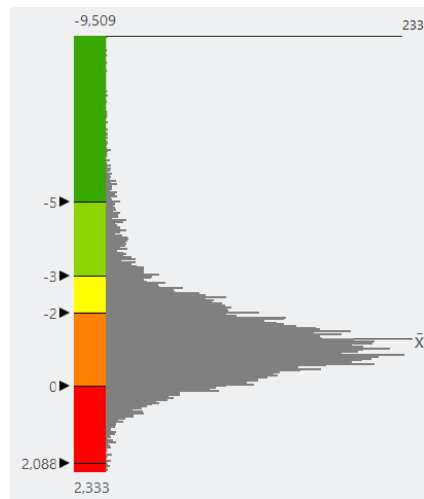


Рис. 9. Гистограмма распределения ошибок Sentinel-1 (10м)

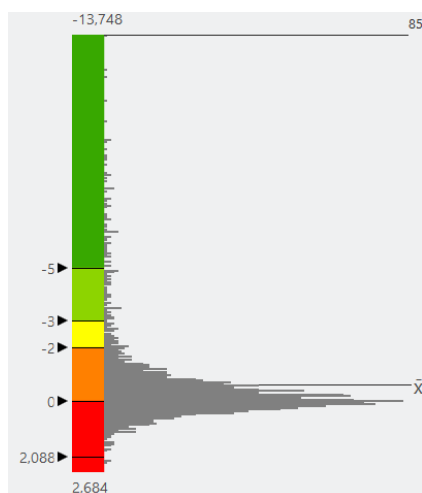


Рис. 10. Гистограмма распределения ошибок TanDEM-X (25м)

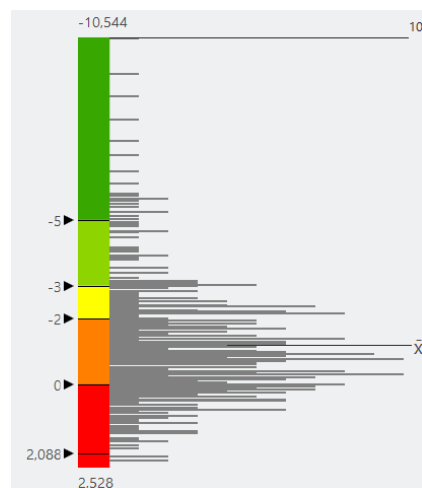


Рис. 11. Гистограмма распределения ошибок SRTM (50м)

ЦМР, построенная по данным TanDEM-X, имеет пространственное разрешение 25м. По точности данных она превосходит все другие спутники. Гистограмма распределения ошибок указывает, что большинство

ошибок попадает в диапазон ± 2 м. Но разрешение для использования в исследованиях водной эрозии достаточно низкое.

Данные SRTM являются самыми худшими по точности и пространственному разрешению. Поэтому они совсем не подходят для использования в изучении таких небольших участков.

В целом, в результате исследования было выяснено, что для исследования даже на локальном уровне, вполне подходят данные о рельефе полученные благодаря космическим спутникам.

Библиографические ссылки

1. Применение воздушного лазерного сканирования в археологических исследованиях на территории Беларуси / А. А. Сазонов [и др.] // ГИС-технологии в науках о Земле : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 16 нояб. 2022 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. А. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2022. С. 283-287.

2. Червань А. Н., Черныш А. Ф., Устинова А. М. Геоинформационное моделирование в почвозащитной организации агроландшафтов Беларуси. Институт почвоведения и агрохимии.

3. Геоморфология Беларуси: учебное пособие для студентов географических и геологических специальностей / О. Ф. Якушко [и др.]. Мн.: БГУ, 1999. 173 с.

4. DEM generation with Sentinel-1 [Электронный ресурс]. URL: <https://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX>. (дата обращения: 04.11.2023).

ГИС-ПРОЕКТ «ГОРОДА БЕЛАРУСИ НА КАРТЕ С ИНТЕРАКТИВНОЙ ЛЕГЕНДОЙ»

Е. А. Цибульский, В. В. Иванись, Д. С. Полячок, С. М. Токарчук

*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина,
бульвар Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, box@brsu.by*

В статье представлены возможности использования ArcGIS Instant Apps для создания картографических веб-приложений с картами с интерактивной легендой. Описываются основные преимущества и возможности данной технологии, а также представляется алгоритм создания веб-карты с интерактивной легендой и ГИС-проекты «Города Беларуси на карте с интерактивной легендой».

Ключевые слова: ArcGIS Instant Apps; интерактивная легенда; алгоритм создания веб-карты; ГИС-проекты «Города Беларуси на карте с интерактивной легендой».

GIS-PROJECT «BELARUSIAN CITIES ON A MAP WITH AN INTERACTIVE LEGEND»

J. A. Cybulski, V. V. Ivanis, D. S. Polyachok, S. M. Tokarchuk

*Brest State University named after A.S. Pushkin, Cosmonauts Boulevard 21,
224016, Brest, Belarus, box@brsu.by*

The article presents the possibilities of using ArcGIS Instant Apps for creating cartographic web applications with maps with an interactive legend. The main advantages and features of this technology are described, as well as the algorithm for creating a web-map with an interactive legend and GIS-projects «Belarusian cities on a map with an interactive legend».

Keywords: ArcGIS Instant Apps; interactive legend; algorithm for creating a web map; GIS projects «Cities of Belarus on a map with an interactive legend».

В современных урбанологических исследованиях ГИС-технологии используются достаточно широко. Однако, в научной литературе доминируют исследования, направленные на применение ГИС для изучения отдельных городов [1], либо же отдельных территорий в пределах достаточно больших городов [2]. Научные публикации, посвященные ГИС-картографированию системы городов страны встречаются намного реже [3, 4].

Таким образом, значительную актуальность приобретают работы, связанные с визуализацией особенностей размещения городских населенных пунктов в пределах больших территорий (стран, областей и др.) с применением ГИС-технологий.

ArcGIS Instant Apps – это новое поколение настраиваемых картографических веб-приложений. Instant Apps включает в себя галерею улучшенных шаблонов приложений, которые используются без необходимости писать код. Каждый шаблон приложения имеет определенную цель, например просмотр карты или сцены, сравнение ресурсов, формирование маршрутов, изучение галереи ресурсов или поиск каких-либо объектов поблизости.

Интерактивная легенда – это один из шаблонов ArcGIS Instant Apps. Данное картографическое веб-приложение дает возможность взаимодействуя с легендой рассматривать каждый из блоков легенды в отдельности либо выбирая несколько блоков легенды (рис. 1).

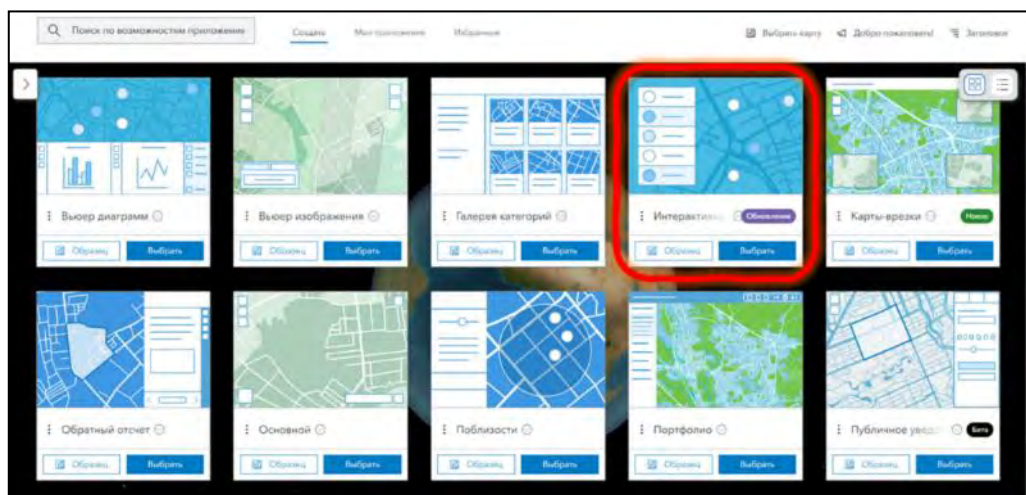


Рис. 1. Шаблон «Интерактивная легенда» в общей коллекции шаблонов

Для создания данного картографического веб-приложения необходимо наличие веб-карты, выполненной с использованием любого типа легенды, который классифицирует объекты на карте на несколько категорий. Например, если рассматривать веб-карту ArcGIS Online, то подходящими типами легенды будут «Числа и количества: размер», «Числа и количества: цвет», «Типы (Уникальный символ)», «Преобладающая категория» (рис. 2).

Алгоритм создания веб-карты с интерактивной легендой включает пять этапов:

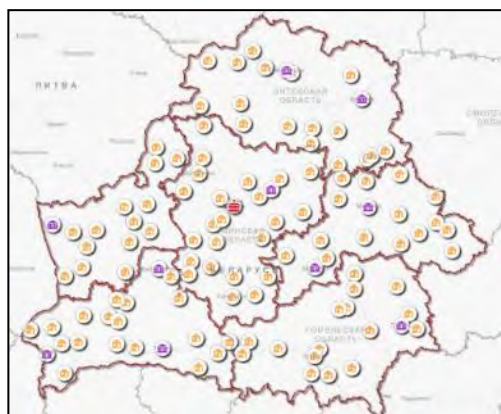
- Открытие стартовой страницы ArcGIS Instant Apps.

- Создание веб-шаблона «Интерактивная легенда».

- Создание основы веб-приложения с использованием алгоритма работы «Быстрый».

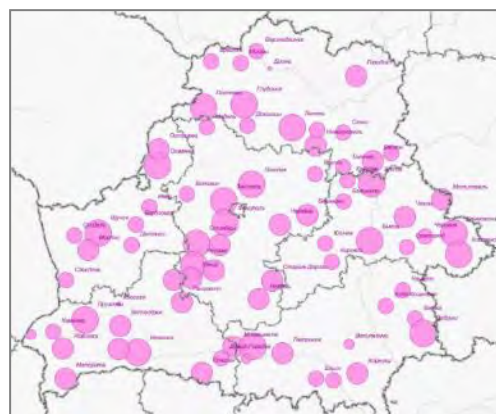
- Настройка взаимодействия с картой.

- Создание общего доступа и публикация карты.



Легенда

«Типы (Уникальный символ)»



Легенда

«Числа и количества: размер»

Рис. 2. Типы легенды, подходящие для карты с интерактивной легендой

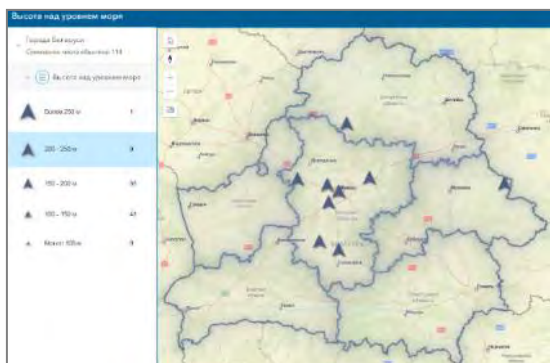
Таблица 1

ГИС-проекты «Города Беларуси на карте с интерактивной легендой»

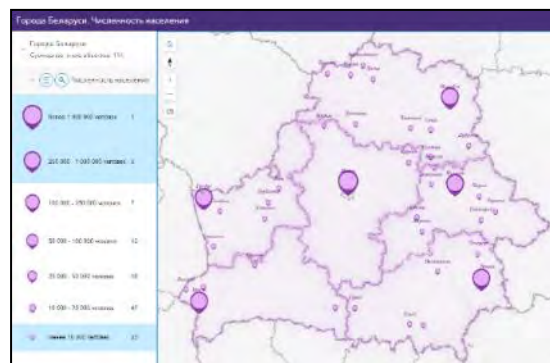
Название веб-карты	Города Беларуси. Административно территориальные единицы	Города Беларуси. Период первого упоминания населённого пункта	Города Беларуси. Высота над уровнем моря
Ссылка на веб-карту	https://arcg.is/qSHu51	https://arcg.is/1G5rHn	https://arcg.is/unSOG0
Видео-обзор			
Название веб-карты	Города Беларуси. Численность населения города	Города Беларуси. Площадь территории города	Численность населения малых городов Беларуси
Ссылка на веб-карту	https://arcg.is/1uX9zv	https://arcg.is/byeby	https://arcg.is/0H9vuD0
Видео-обзор			

На основании разработанного алгоритма была выполнена серия проектов «Города Беларуси на карте с интерактивной легендой» (табл. 1).

Таким образом, при изучении созданных интерактивных карт можно активно взаимодействовать с легендой и рассматривать каждый из типов городов в отдельности либо выбирая несколько типов одновременно (рис. 3).



Города Беларуси, расположенные на высоте 200-250 метров над уровнем моря



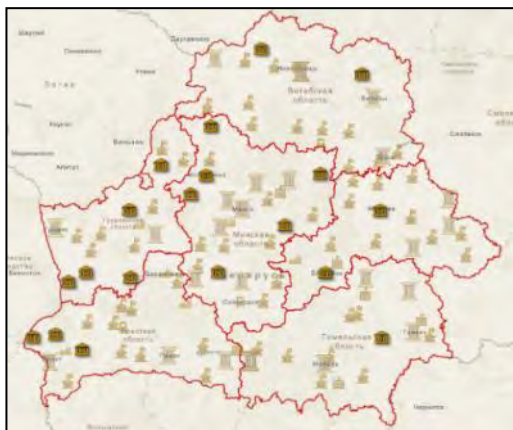
Города Беларуси, с численностью населения более 250000 человек и менее 10000 человек

Рис. 3. Работа с интерактивной легендой

Для создания картографических веб-приложений большинство шаблонов ArcGIS Instant Apps имеют встроенный алгоритм «Быстрый», который позволяет пошагово выполнить основную часть работы по реализации интерактивной карты. При работе с шаблоном «Интерактивная легенда» алгоритм «Быстрый» включает следующие этапы:

- Добавление карты.
- Настройка заголовка и введения.
- Оформление стиля легенды.
- Настройка дополнительных опций
- Настройка внешнего вида.

В первую очередь, следует обратить внимание на такой этап как «Оформление стиля легенды» и на наличие эффектов слоя. Они бывают разного вида, в частности «свечение», «падающая тень», «размытие», «серый» либо можно отключить эффекты слоя вообще. Следует отметить, что эффекты слоя могут быть как одиночные, так и сочетающиеся. Таким образом, существует возможность подобрать подходящий эффект соответственно тематике создаваемой карты, особенностей базовой карты-подложки и используемых символов (рис. 4).



Падаючая тень + Прозрачнасць



Свеченне + Серый

Рис. 4. Типы эффектов слоя

В дальнейшем можно отключить режим «Быстрый» и выполнить дополнительную настройку создаваемого веб-приложения. В первую очередь следует выполнить настройку взаимодействия с картой, которая включает:

Настройку инструментов карты (изучение и навигация).

Настройку инструментов изменения карты.

Настройку общего доступа.

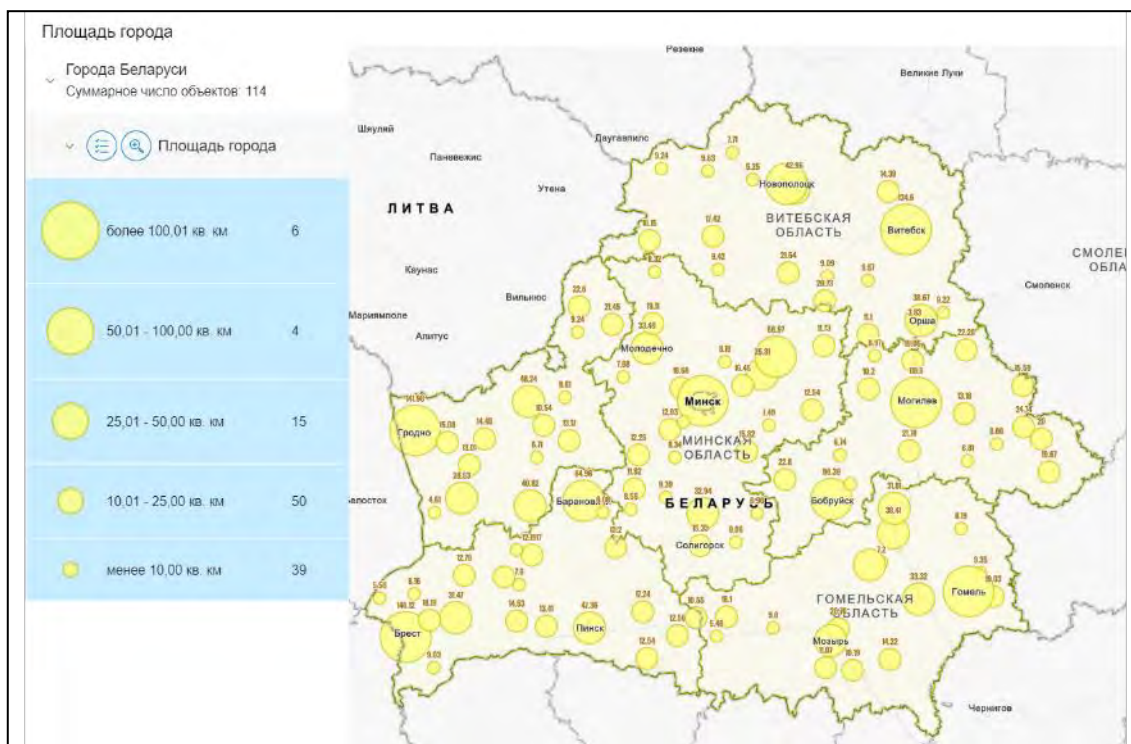
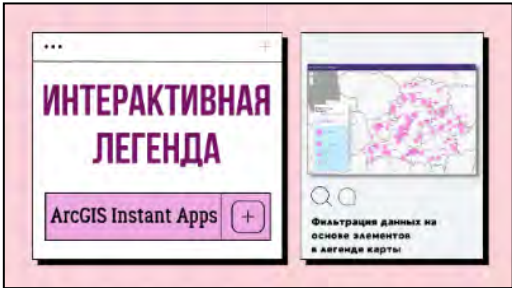


Рис. 5. Скрин экрана веб-карты «Города Беларуси. Площадь территории города»

Таким образом, например, можно добавить еще одну базовую карту, чтобы выполнять переключение с фоновой карты на более подробную карту (или космический снимок) при необходимости. Также можно при желании изменить цвет выборки (выделения выбранных объектов) с стандартного бирюзового на любой другой.

Таблица 2

Инструкция. Интерактивная легенда. ArcGIS Instant Apps

Инструкция. Интерактивная легенда. ArcGIS Instant Apps (https://youtu.be/2QK-8RNJfQI)		
---	--	---

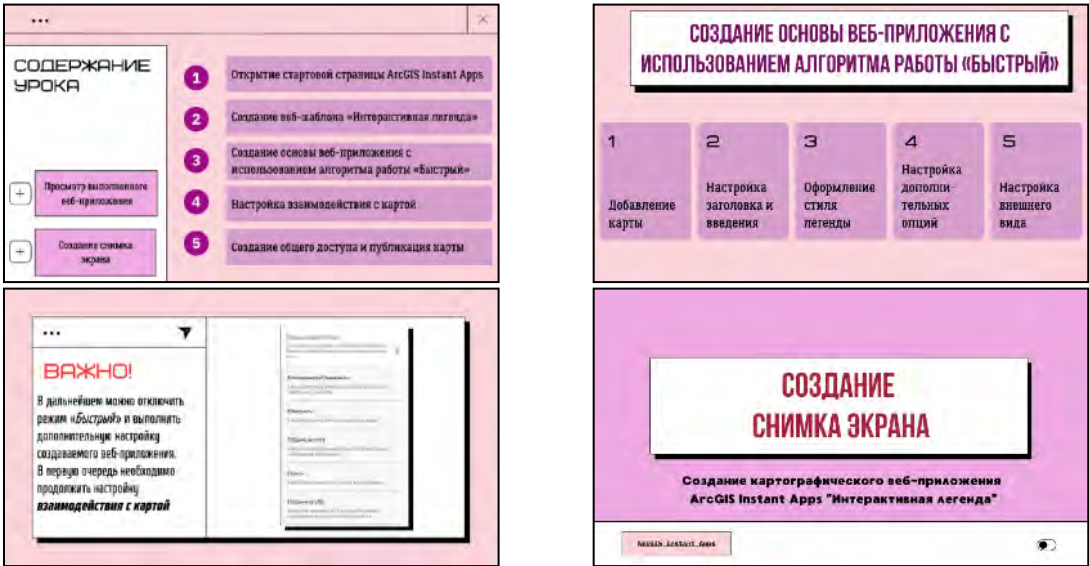


Рис. 6. Отдельные заставки видео-инструкции «Интерактивная легенда. ArcGIS Instant Apps»

Кроме того, в данном шаблоне настройки общего доступа не только публикацией веб-приложения в сети интернет. Например, существует воз-

возможность предоставить пользователям инструменты для публикации приложений. В частности, можно настроить возможность выполнения снимка экрана, а также внешнего вида данного снимка (наличие легенды, информации всплывающего окна и др.) (рис. 5).

Для выполнения аналогичных ГИС-проектов разработана видео-инструкция (табл. 2), которая на примере создания веб-карты «Численность населения малых городов Беларуси» показывает пошаговое создание веб-карты с интерактивной легендой с помощью конструктора ArcGIS Instant Apps.

Видеоинструкция включает 5 основных частей и подразделы для отдельных частей, которые соответствуют разработанную алгоритмы (рис. 6). В настоящее время с использованием данной инструкции выполнена серия самых разных карт по масштабу и тематике [1].

Таким образом, конструктор «Интерактивная легенда» картографического веб-приложения ArcGIS Instant Apps позволяет создавать стильные и эффектные веб-карты, которые помогают отобразить группировку отдельных элементов картографируемой территории по какому-либо признаку.

Библиографический список

1. Токарчук С. М., Белюк А. О., Кондратюк В. Г. Учреждения образования города Бреста: подходы к географическому изучению и ГИС-картографированию // Псковский регионологический журнал. 2019. № 4 (40). С. 115-125.
2. Чернявский Д. А., Токарчук С. М. Опыт изучения аптечной сети с использованием ГИС-технологий (на примере микрорайона «Центр» города Бреста) // ГИС-технологии в науках о Земле : Материалы республиканского научно-практического семинара студентов и молодых ученых, Минск, 18 ноября 2020 года / Редколлегия: Н. В. Жуковская (гл. ред.), О. М. Ковалевская. Минск: Белорусский государственный университет, 2020. С. 44-48.
3. Мергенова А. С., Какаева Д. А., Токарчук С. М. ГИС-картографирование городов Туркменистана // ГИС-технологии в науках о Земле : Материалы республиканского научно-практического семинара студентов и молодых ученых, Минск, 16 ноября 2022 года / Редколлегия: А. А. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Минск: Белорусский государственный университет, 2022. С. 272-278.
4. Черкасов А. А. ГИС «Города России»: принципы создания и технологии пространственного анализа // Наука. Инновации. Технологии. 2020. № 3. С. 153-167.
5. Палівач К. А., Такарчук С. М. Вэб-карты з інтэрактыўнай легендай // Сучасны стан і перспектывы развіцця геаінфармацыйных сістэм у Беларусі [Электронны рэсурс] : тэз. дакл. I Унів. навук.-даслед. семінара, прысвеч. Міжнар. дню культуры і Міжнар. дню Зямлі, Мінск, 19 крас. 2023 г. / Беларус. дзярж. ун-т ; рэдкал.: А. А. Сазонаў (гал. рэд.) [і інш.]. Мінск : БДУ, 2023. С. 35.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ РЕЛЬЕФА

В. В. Кравченко¹⁾, А. Б. Кафтаничкова²⁾

¹⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь, email: vcctrkrvchnk1406@gmail.com*

²⁾ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь*

Изучены способы автоматической генерализации и возможности редактора ГИС «Панорама», выполнена работа по построению карты рельефа.

Ключевые слова: генерализация рельефа; автоматическая генерализация; ГИС «Панорама»; геоинформационные системы; крупномасштабные карты; обработка данных.

AUTOMATIC TERRAIN GENERALIZATION

V. V. Kravchenko¹⁾, A. B. Kaftanchikova²⁾

¹⁾ *Belarusian State University, Independence Ave., 4, 2203030, Belarus, email: vcctrkrvchnk1406@gmail.com*

²⁾ *Belarusian State University, Independence Ave., 4, 2203030, Belarus*

The methods of automatic generalization and the capabilities of the GIS editor "Panorama" have been studied, work has been done on the construction of a relief map.

Keywords: Terrain generalization; automatic generalization; GIS "Panorama"; large-scale maps; data processing.

Под генерализацией понимается отбор и обобщение изображаемых на карте объектов и явлений соответственно назначению, масштабу, содержанию карты и особенностям картографируемой территории [1,2]. Смысл генерализации состоит в передаче на карте основных, типичных черт объектов, их характерных особенностей и взаимосвязей.

Проявляется в обобщении качественных и количественных характеристик объектов [6], замене индивидуальных понятий собирательными, отвлечении от частных и деталей для показа главных черт пространственного размещения [3].

Генерализация дает составителю карты возможность определить: сколько объектов действительности и каких размеров может быть нанесено на составляемую карту (рис. 1), какие именно объекты и какие именно подробности должны быть отображены [4].

В ходе работы посредством программы ГИС «Панорама» была изучена технология автоматической генерализации и преобразована карта масштаба 1:50 000 в карту масштаба 1:100 000.

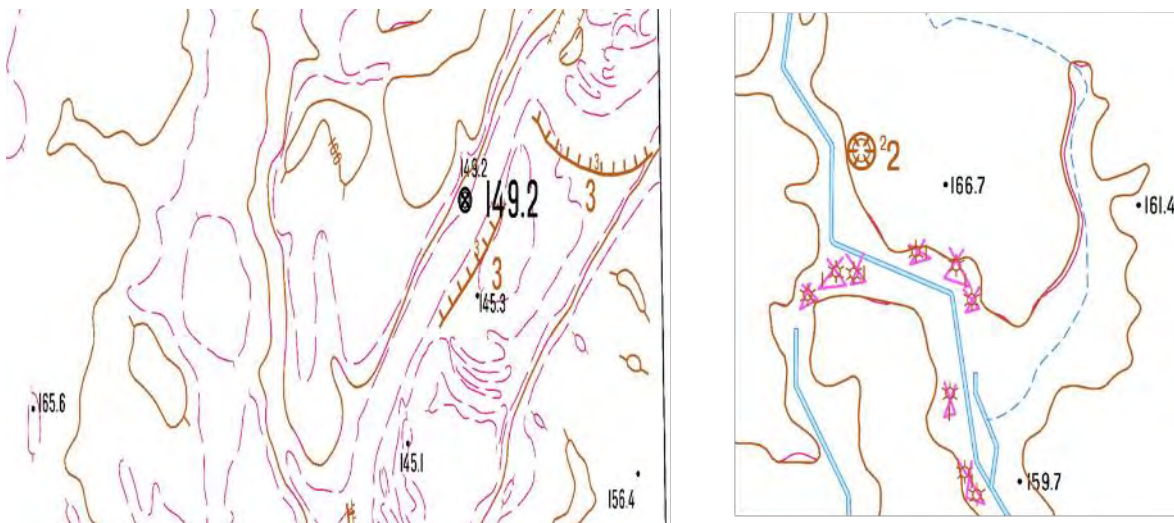


Рис. 1. Отбор горизонталей и полугоризонталей. Генерализация объектов малой площади

Карта рельефа масштаба 1:50 000 была создана самостоятельно, благодаря данным, которые предоставило предприятие «Белгеодезия» (рис. 3), затем данная карта преобразована с помощью технологии автоматизированной генерализации, применяемой на производстве в ГП «Белгеодезия».

На отдельных фрагментах карты отображены: отметки высот; рельеф местности, элементы гидрографии и гидротехнических сооружений (рис. 2), а также основные изменения, происходящие после автоматической генерализации рельефа местности (рис. 2) с объектами малой длины или площади [5].

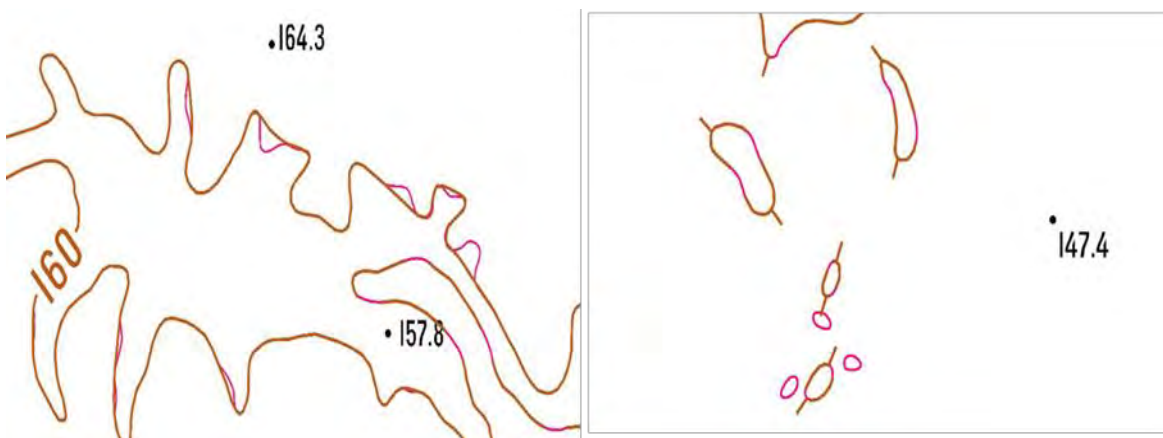


Рис. 2. Сглаживание горизонталей и отбор бергштрихов

Результатом работы является карта масштаба 1:100 000 в формате MAP, SIT, SITX (рис. 3).



Рис. 3. Карта рельефа

Данная работа позволила расширить знания и практические навыки в области геодезии, картографии, обработки данных, а также подчеркнула актуальность использования современных технологий. Также раскрывается методика работы в редакторе ГИС Панорама 12 и технология автоматической генерализации рельефа.

Библиографические ссылки

1. Берлянт А. М. Картография. Москва: Аспект-Пресс, 2002. 336 с.
2. Билич Ю. С., Васмут А. С. Проектирование и составление карт: учебник для вузов. М.: Недра, 1984. 364 с.
3. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Г. В. Багратуни [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 344 с.
4. Методы и приборы высокоточных геодезических измерений в строительстве / под ред. В. Д. Большакова. М.: Недра, 1976. 335 с.
5. Востокова А. В., Кошель С. М., Ушакова Л. А. Оформление карт. Компьютерный дизайн: учебник. М.: Аспект Пресс, 2002. 288 с.
6. Дементьев В. Е. Современная геодезическая техника и ее применение: учебное пособие для вузов. Изд. 2-е. М.: Академический Проект, 2008. 591 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПО ДАННЫМ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОСТРОВА ВЫСПА

А. А. Сазонов¹⁾, П. С. Курлович¹⁾, И. С. Князев¹⁾, А. Н. Вашанов²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, Минск, пр. Независимости, 4, 220030, Беларусь, email: alexey.szonov@gmail.com;

²⁾ Государственное научное учреждение «Институт истории Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, ул. Академическая, 1, 220072, Беларусь

Впервые представлены результаты моделирования рельефа острова Выспа по данным воздушного лазерного сканирования. Дана физико-географическая характеристика острова.

Ключевые слова: озеро Селява; остров Выспа; лидар; лазерное сканирование; моделирование рельефа.

TERRAIN MODELING BASED ON AERIAL LASER SCANNING DATA ON THE EXAMPLE OF VYSPA ISLAND

A. A. Sazonau¹⁾, P. S. Kurlovich¹⁾, I. S. Knyazev¹⁾, A. N. Vashanov²⁾

¹⁾ Belarusian State University, Minsk, Nezavisimosti ave., 4, 2203030, Belarus, email: alexey.szonov@gmail.com;

²⁾ State scientific institution "Institute of History of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, str. Akademicheskaya, 1, 220072, Belarus

For the first time, the results of modeling the relief of the island of Vyspa based on aerial laser scanning data are presented. The geographical characteristics of the island are described.

Keywords: Selyava lake; Island Island; leader; laser scanning; relief modeling.

В последние годы в географии все шире используется метод воздушного лазерного сканирования (ВЛС), который позволяет получать высокоточные данные о рельефе земной поверхности. ВЛС основан на измерении времени отражения лазерных импульсов от объектов на земле, идущих от бортового оборудования (лазерного дальномера). Данные ВЛС могут быть использованы для моделирования рельефа с различной степенью детализации и точности, а также для анализа морфометрических характеристик рельефа, таких как высота, крутизна, экспозиция склонов, кривизна и т. д.

Целью данного исследования является моделирование рельефа по данным ВЛС на примере о. Выспа (озеро Селява).

Актуальность исследования обусловлена тем, что до настоящего момента рельеф о. Выспа не был детально исследован. ВЛС является современным и эффективным инструментом для изучения рельефа, который может дать новые знания о его формировании, эволюции и динамике. Кроме того, ВЛС может способствовать решению прикладных задач, связанных с оценкой геологических рисков, планированием землепользования, охраной природы и т.д.

Задачами данного исследования являются:

- создание цифровой модели рельефа (ЦМР) острова Выспа;
- сравнение ЦМР с другими источниками данных о рельефе;
- определение морфометрических параметров рельефа острова Выспа.

Озеро Селява одно из крупнейших в Беларуси, является ядром одноименного республиканского заказника. Площадь оз. Селява более 1,8 км², средняя глубина – 6,1 м, максимальная глубина достигает 17,6 м. Озерная котловина делится на две части – центральную (узкую и глубоководную) и северную (широкую). Береговая линия сильно изрезана [1].

Озеро Селява относится к системе реки Югна, являющаяся правым притоком реки Лукомка (бассейн р. Зап.Двина). Озеро проточное: на юге в него впадает река Высокая, на востоке – река Ракитовка. Протокой на юго-западе Селява соединяется с озером Худово, на западе и севере впадают три ручья. Сток по протоке в озеро Обида. Селява является зарегулированным водоемом после постройки плотины ГЭС (в 1961 г.) на реке Югна. Уровень воды в озере поднялся на 1,5 м. Под водой оказались обширные заболоченные низины. Реконструкция ГЭС проводилась в 2008-2011 годов [5].

Остров Выспа (белор. *выспа* – *небольшой (чаще всего песчаный) остров* [4]) расположен в центральной части оз. Селява, и может быть разделен на западную и восточную части (рис. 1). Остров образован в результате поднятия уровня воды в оз. Селява, по ныне затопленной перешейку на остров можно пройти вброд (рис. 2).

Остров разделяет плёс на две части – северную и южную. Северная часть озера мелководная. Лишь в некоторых местах глубины достигают 7-11 м. Южнее острова находятся максимальные глубины озера. Здесь же в южной части озера находятся несколько различных по величине низких (1,2-1,6 м) заболоченных и сплавинных островов общей площадью 0,3 км².

Площадь острова Выспа составляет 110 га. Установлено, что минеральная часть острова занимает площадь в 30 га.

Западная часть острова высокая, с максимальной высотной отметкой около 10 м, восточная сильно заболочена, сложена сплавной. Почвы западной части острова в основном дерново-подзолистые песчаные и супесчаные (рис. 2), в низменных участках торфяные, восточная часть острова формируется сплавной. Западные берег острова песчаный, с пляжами из

мелкой гальки; восточный, южный и северный берега в значительной мере зарастают водной и болотной растительностью.



Рис. 1. Снимок острова Выспа

Степень и характер зарастания озера высшей водной растительностью определяются морфометрическими особенностями котловины и прозрачностью воды в озере. В озере обнаружено 16 видов макрофитов.

Озеро имеет гидрофитный тип зарастания (66 % заросшей площади занято гидрофитами - в основном рдестами), всего заросли занимают почти 3,6 кв. км, или 20 % акватории.

Гелофитная (полупогруженная или надводная) растительность занимает 34 % заросшей площади, основные заросли сосредоточены в центральной части озера между островом и устьем р. Ракировка.

Заболоченная восточная часть острова Выспа представляет собой сплошные камышовые заросли, простирающиеся почти до восточного побережья (рис. 2) [5].

В настоящее время на острове известно три археологических памятника: поселение (найденны материалы от мезолита до позднего средневековья), поселение и стоянки раннего мезолита и неолита (рис. 3).

Воздушное лазерное сканирование проводилось в августе 2023 г. с использованием лазерного сканера DJI Zenmuse L1 на базе БПЛА DJI Matrice 300 RTK на высоте 100 м. Так как восточная часть острова представляет собой сплаvinу, проводилось моделирование только западной части острова.

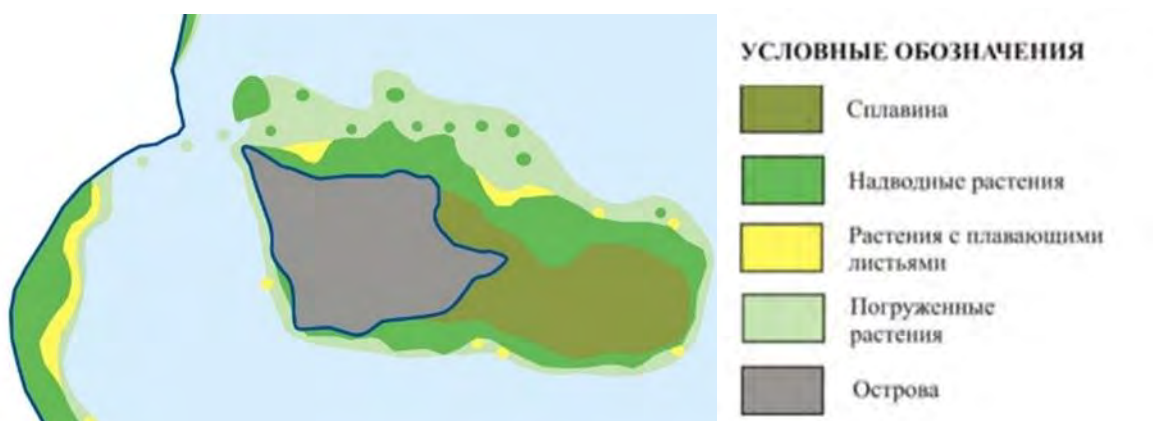


Рис. 2. Заращение оз. Селява в районе о. Выспа [5]



Рис. 3. Раскоп

Характеристики системы DJI Zenmuse L1 следующие. Диапазон распознавания 450 м при отражаемости 80%, 190 метров при отражаемости 10%/ Частота точек при одном возврате 240 000 точек/с, при нескольких возвратах до 480 000 точек/с. Точность системы(RMS 1 σ) по горизонтали 10 см при высоте 50 м, по вертикали 5 см при высоте 50 м. Поле обзора при неповторяющемся шаблоне сканирования: 70,4 ° (по горизонтали) $\times$ 77,2 ° (по вертикали); при повторяющемся шаблоне сканирования: 70,4 ° (по горизонтали) $\times$ 4,5 ° (по вертикали).

Результатом работы лазерно сканера является облако точек – обработанные пространственно организованные данные лазерной съемки

(рис. 4). Исходные облака точек – это огромные наборы (могут достигать нескольких миллионов) высотных 3D точек, имеющих значения x , y , z , а также дополнительную атрибутику: время GPS, цвета RGB, отражаемость, номер возврата и т. д. Конкретные поверхности, отразившие сигнал, классифицируются после начальной обработки облака точек. Высоты земной поверхности, строений, покрова леса, путепроводов и других объектов, с которыми сталкивается лазерный луч, составляют данные облака точек.

Обработка данных последовательно выполнялась в DJI Terra и ArcGIS Pro, последовательность работ изложена в [3]. Морфометрический анализ рельефа выполнялся в SAGA 9. Результатом обработки стала первая цифровая модель рельефа (ЦМР) о. Выспа с пространственным разрешением 30 см. Полученная ЦМР (рис. 3) значительно превосходит имеющиеся топографические карты и планы (рис. 2) на данную территорию по точности и позволяет обнаружить наиболее мелкие формы рельефа.

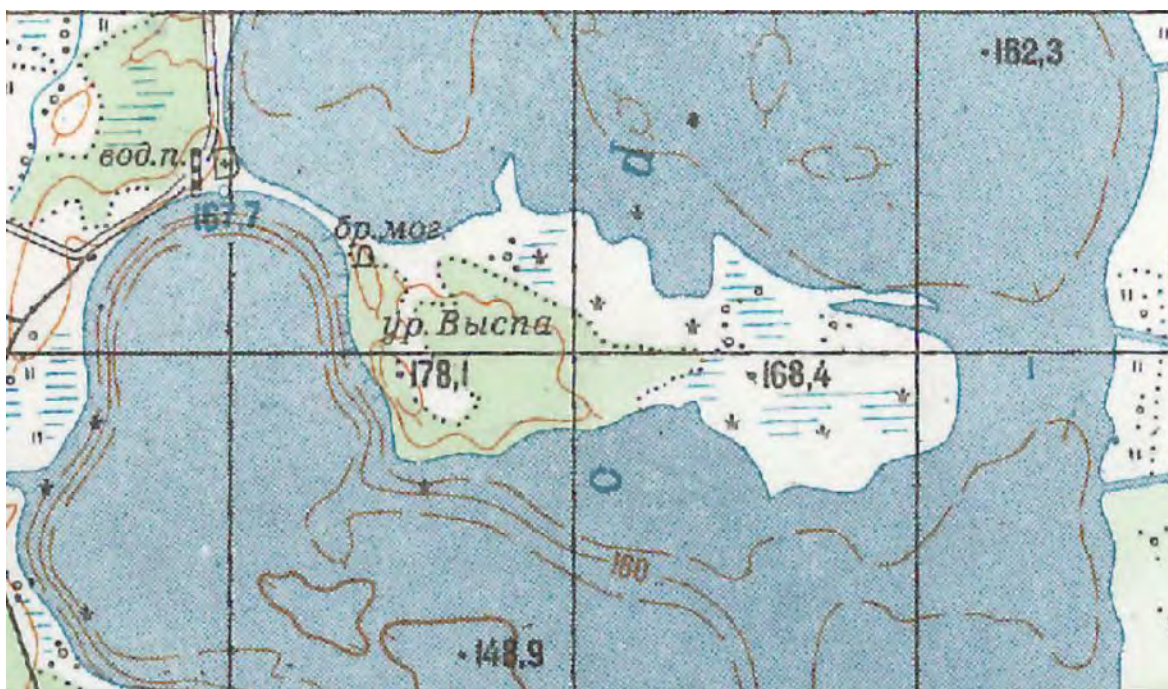


Рис. 4. Фрагмент топографической карты на участок исследования

Были рассчитаны следующие геоморфометрические показатели (рисунки 6-8):

- уклон;
- экспозиция;
- индекс влияния ветра;

Модель уклонов определяет уклон (градиент или крутизну) для каждой ячейки поверхности раstra. Величина уклонов напрямую связана с

потенциальной эрозией, модель может быть использована для выявления наиболее эрозионноопасных участков.

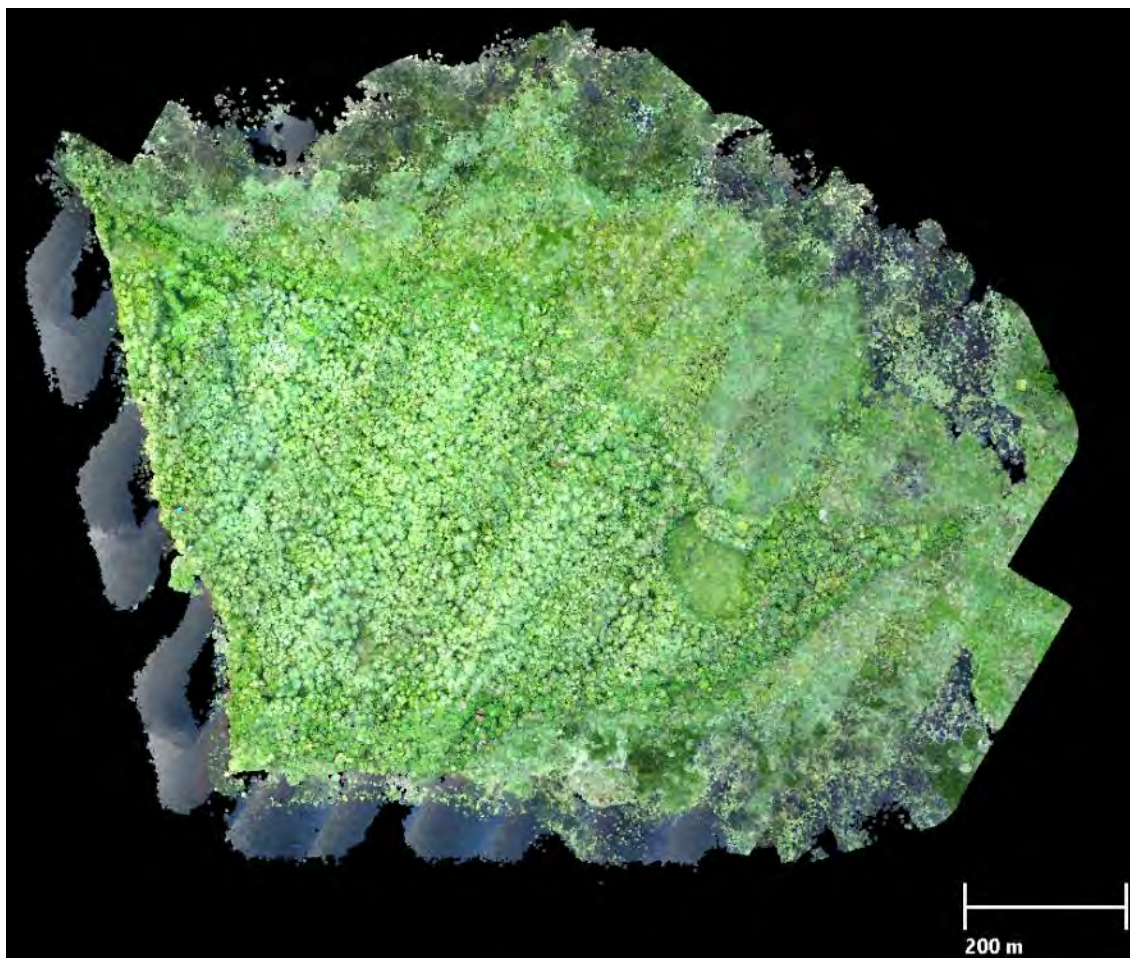


Рис. 5. Облако точек на территорию острова

Модель экспозиции склонов отображает экспозицию из каждой ячейки растровой поверхности. Экспозиция определяет направление по компасу уклона склона для каждого местоположения. Экспозиция выражается положительными значениями градусов от 0 до 360, измеряемыми по часовой стрелке от направления на север.

Индекс влияния ветра рассчитывается для всех направлений с использованием углового шага, это безразмерный индекс. Значения ниже 1 указывают на области, затененные ветром, тогда как значения выше 1 указывают на области, подверженные воздействию ветра.

Также была определена высота древесно-кустарниковой растительности по разности высот цифровой модели местности и рельефа (рис. 10). Максимальная высота составила 27,7 м.

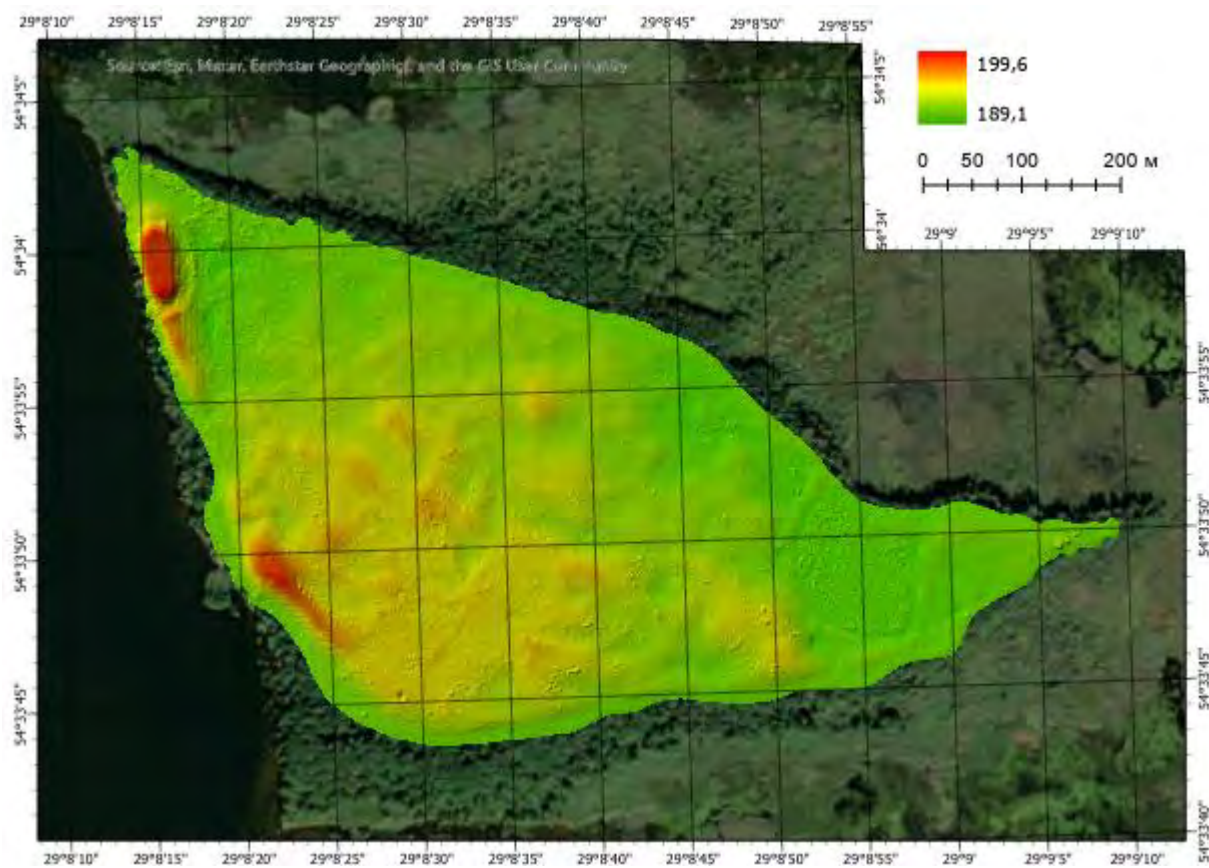


Рис. 6. Цифровая модель рельефа о. Выспа

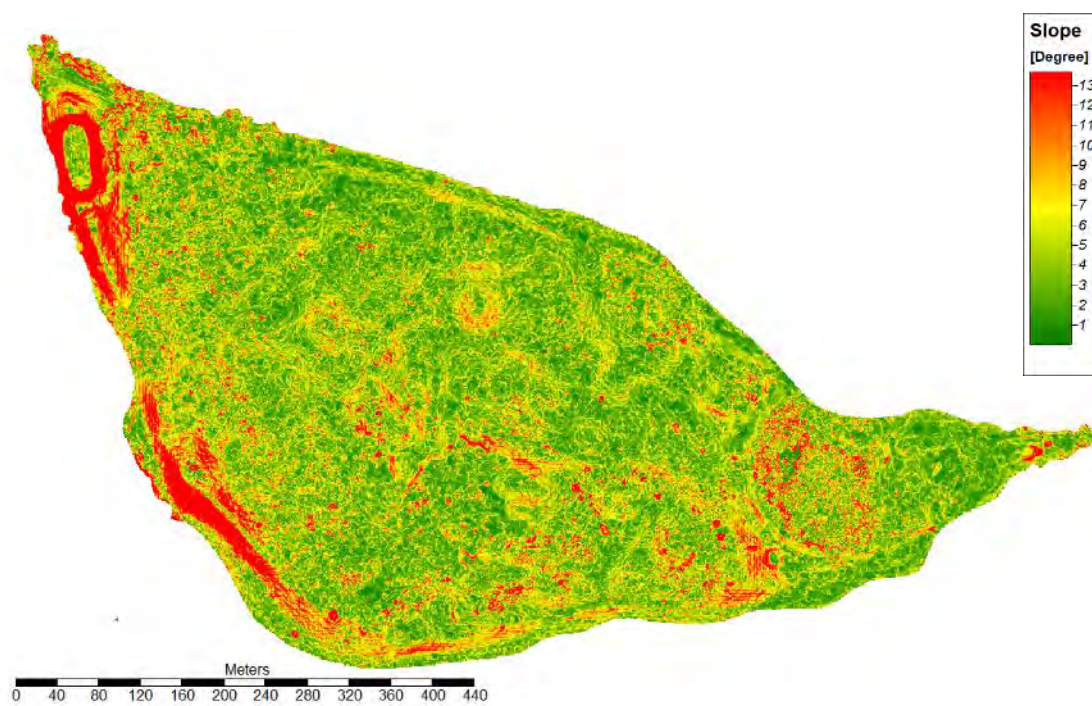


Рис. 7. Крутизна, градусы

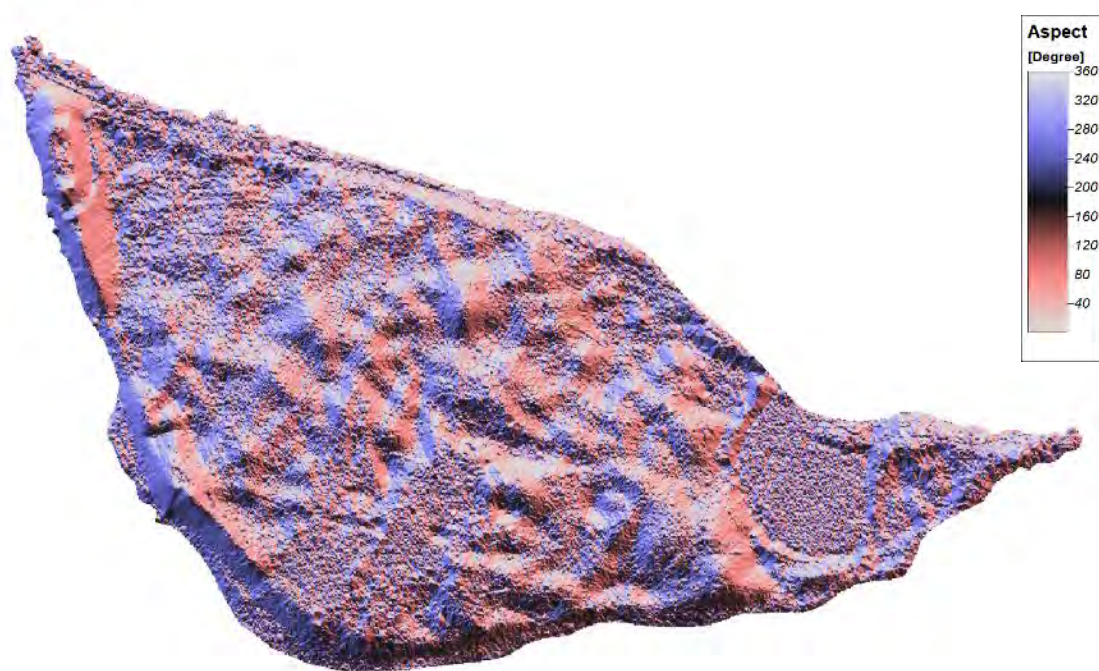


Рис. 8. Экспозиция склонов

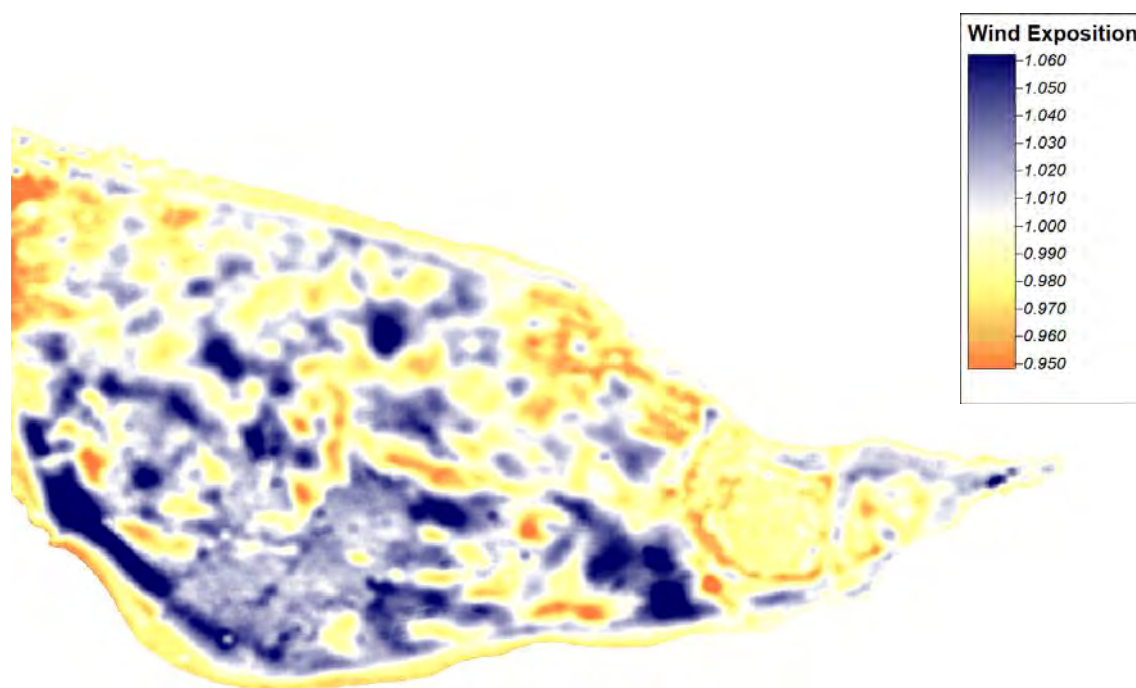


Рис. 9. Индекс влияния ветра

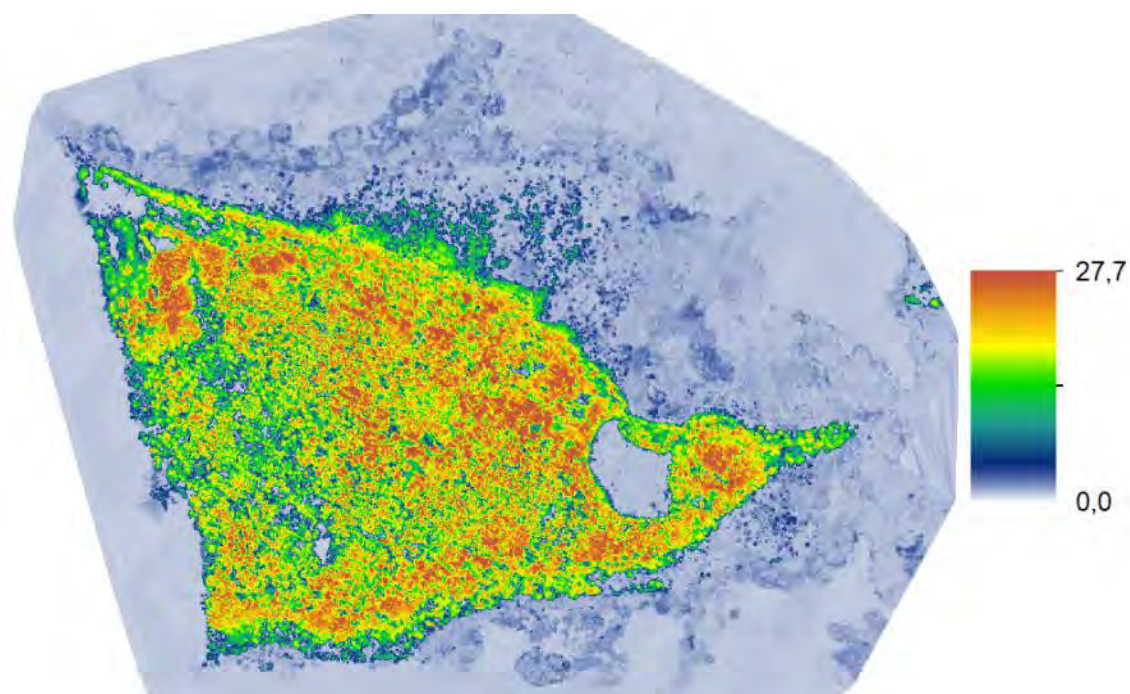


Рис. 10. Высота растительного покрова

Таким образом, нами впервые было произведено воздушное лазерное сканирование острова Выспа, создана высокоточная цифровая модель рельефа. Полученные данные могут быть использованы в целях природоохраны и планирования археологических исследований.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ: БРФФИ №Г23ИП-038 от 02.05.2023 «Применение воздушного лазерного сканирования на базе БПЛА для сохранения и изучения археологических объектов на территории Беларуси (на примере археологического наследия Полоцкой земли)».

Библиографический список

1. Республиканский заказник "Селява" / Интерактивный интернет-портал «Заповедные территории Беларуси. Виртуальный тур». URL: <http://zapovednytur.by/oopt/zakazniki-respublikanskogo-znacheniya/selyava.html> (дата обращения: 29.10.2023).
2. Сведения о данных дистанционного зондирования Земли на территорию Республики Беларусь / Государственное предприятие "БелПСХАГИ". URL: <https://www.dzz.by/izuchdzz/> (дата обращения: 30.10.2023).
3. Применение воздушного лазерного сканирования в археологических исследованиях на территории Беларуси / А. А. Сазонов [и др.] // ГИС-технологии в науках о Земле : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 16 нояб. 2022 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. А. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2022. С. 283-287.

4. *Тучинский А. В.* Безэквивалентная лексика как отражение белорусской языковой картины мира // Вестник Белорусского государственного педагогического университета. Серия 1. Педагогика. Психология. Филология. 2019. № 3 (101). С. 99-104.

5. Проведение мониторинга водной растительности: мероприятие 31, «Государственная программа обеспечения функционирования и развития Национальной системы мониторинга окружающей среды на 2011–2015 годы»: отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / БГУ; научный руководитель Б. П. Власов. Проведение мониторинга водной растительности / Б. П. Власов [и др.]. Минск : БГУ, 2015.

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КИСЛОТНОСТИ ПАХОТНОГО ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

М. В. Воробей, Д. С. Михасько, А. Л. Киндеев

*Белорусский государственный университет,
Минск, пр. Независимости, 4, 220030, Беларусь*

Целью данной работы является исследование возможностей применения геостатистических методов для анализа пространственного распределения кислотности почвенного покрова на пахотных землях. Были отобраны образцы почв и проведены лабораторные измерения кислотности. С использованием геостатистических методов были проведены расчеты, такие как вариограммный анализ и картирование кислотности почвы.

Ключевые слова: геостатистический анализ, кислотность почвы, физико-химические свойства почвы, точное земледелие, вариограммный анализ.

GEOSTATISTICAL ANALYSIS OF ARABLE SOIL ACIDITY

M. V. Vorobey, D. S. Mikhasko, A. L. Kindeev

*Belarusian State University,
Minsk, Nezavisimosti Ave., 4, 220030, Belarus*

Abstract: The purpose of this paper is to apply geostatistical methods to analyze the spatial distribution of arable soil acidity. Soil samples were collected and laboratory measurements of acidity were made. Using geostatistical methods, calculations such as variogram analysis and soil acidity mapping were carried out.

Keywords: geostatistical analysis, soil acidity, soil physicochemical properties, precision agriculture, variogram analysis.

Физико-химические свойства почвы, такие как кислотность, играют важную роль в определении ее плодородия и способности поддерживать здоровый рост растений. В связи с этим, использование геостатистического подхода при пространственном анализе распределения кислотности почвы становится все более актуальным для оптимизации уровня кислотности и последствий повышения урожайности.

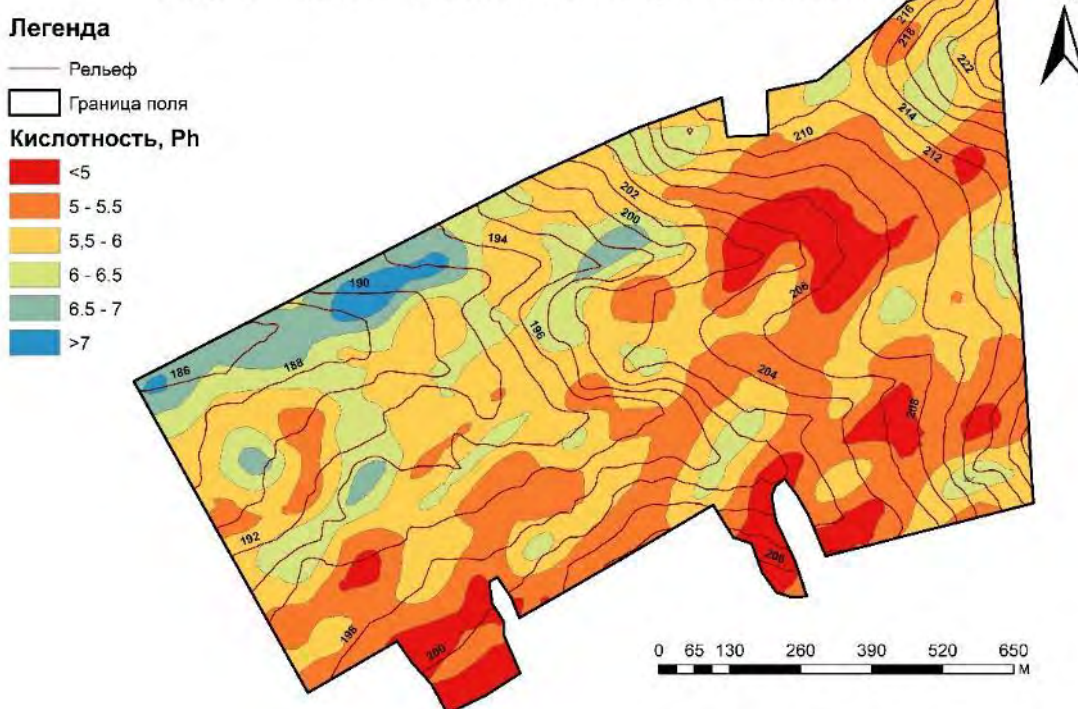
На современном этапе развития цифровой почвенной картографии (ЦПК) происходит объединение прямых и косвенных методов изучения почвенного покрова и его свойств, а также активное использование машинного обучения для прогностического почвенного картографирования

[3]. Особое внимание уделяется геостатистическому анализу неоднородности отдельных свойств почвы, который является основным инструментом прямых методов картографирования почвенного покрова. Геостатистика также играет важную роль в агрохимическом обследовании земель в системах точного земледелия, поскольку фермерам необходимы точные данные об агрохимических свойствах почвы на каждом из их полей [2].

В сентябре 2023 года был произведен отбор образцов с возделываемого поля территории СПК «Кошелево-Агро» Новогрудского района. Почвы на исследуемом участке дерново-подзолистые, преимущественно супесчаные, среднее содержание гумуса составляет 2 %.

Всего было отобрано 229 образцов с интервалом 70 метров. Пробы были обработаны, значения (рН в KCl) были получены потенциометрически в лаборатории.

Картограмма кислотности почвы, с соблюдением геостатистической методики с использованием моделей J-Бесселя, Экспоненциальной



Картограмма кислотности опытного участка

Полученные данные были преобразованы в программе ArcMap. Для этого методом простого кригинга создана картограмма кислотности, лучшим вариантом при вариограммном анализе [4] стало использование двух моделей экспоненциальной и J-Бесселя с параметрами: лагом 70 м, самородком (наггет-эффектом) 0,099, порогом 0,3514 и средней стандартной ошибкой 0,5737 при минимальном входном значении 4,25 и максимальном 7,82, а

остаточная дисперсия составила 22,0 %, что говорит о сильной автокорреляции между точками и высокой точностью полученной картограммы.

Для последующего сравнительного анализа потребности почв в известковании были запрошены агрохимические картограммы с предприятия СПК «Кошелево-Агро».

Результаты показали, что разница между внесением удобрений по классическому методу обследования земель и по полученной модели (рисунков), в количестве доломитовой муки составила 8,5%. Однако, использование более точных картограмм, которые учитывают неоднородность каждого элементарного участка, позволяет изменить внесение доломитовой муки не только количественно, но и качественно. Это означает, что геостатистический подход позволяет учитывать неоднородность почвенного покрова и принимать более обоснованные решения по внесению удобрений.

Анализируя полученную картограмму распределения pH, можно увидеть сильную неоднородность в распределении кислотности: северо-западная часть отличается слабощелочными почвами (pH 6,5-7,0 и более); восточная и южная часть отличается среднекислыми почвами (pH менее 5,0-5,5) [1].

Библиографические ссылки

1. Клебанович Н. В., Киндеев А. Л. Геостатистический анализ пространственной неоднородности кислотности почв. Природные ресурсы. 2018. № 1. С. 138-147.
2. Киндеев А. Л., Сазонов А. А., Яскельчик В. В. Геостатистическая интерпретация неоднородности кислотности почвенного покрова основных видов земель Республики Беларусь // Почвенные и земельные ресурсы: традиционные и инновационные подходы к изучению и управлению [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию образования каф. почвоведения и геоинформ. систем БГУ и 85-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, проф. В. С. Аношко, Минск, 21–24 сент. 2023 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: А. Н. Червань (гл. ред.) [и др.]. Минск: БГУ, 2023. С. 395-400.
3. Червань А. Н., Киндеев А. Л. Современные направления географии почв и почвенного картографирования // Плодородие почв – основа продовольственной безопасности государства: Материалы VI съезда Белорусского общества почвоведов и агрохимиков, Минск, 21 июля 2022 г. / Институт почвоведения и агрохимии, Белорусское общество почвоведов и агрохимиков; редкол.: Ю. К. Шашко [и др.]. Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. С. 340-343.
4. Киндеев А. Л. Стохастическое моделирование кислотности почв // Сборник материалов участников XVIII Большого географического фестиваля [Электронное издание]. Санкт-Петербург: Свое издательство, 2022. С. 517-521.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К УЧЕТУ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ГОРОДСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. МИНСКА)

А. Н. Жуховцова, Н. В. Ковальчик

*Белорусский государственный университет,
Минск, пр. Независимости, 4, 220030, Беларусь*

В работе оценено влияние факторов окружающей среды – качество источников водоснабжения и загрязнения почвенного покрова – на кадастровую стоимость земель в г. Минске. Для проведения расчета значений коэффициента влияния и изменения стоимости был создан пользовательский инструмент-геомодель в приложении ModelBuilder. Результат анализа показал, что стоимость изменится до 10% в жилых зонах и до 5% в рекреационных.

Ключевые слова: кадастровая оценка, инструмент-геомодель, источник водоснабжения, почвенный покров.

INNOVATIVE APPROACHES TO CONSIDERING ENVIRONMENTAL FACTORS WHEN CARRYING OUT CADASTRAL ASSESSMENT OF URBAN SETTLEMENTS (BASED ON THE EXAMPLE OF MINSK)

A. N. Zhukhovtsova, N. V. Kovalchik

*Belarusian State University,
Minsk, Nezavisimosti Ave., 4, 220030, Belarus*

The work assessed the influence of environmental factors - the quality of water supply sources and soil pollution - on the cadastral value of land in Minsk. To calculate the influence coefficient values and cost changes, a custom geomodel tool was created in the ModelBuilder application. The result of the analysis showed that the cost will change to 10% in residential areas and up to 5% in recreational areas.

Keywords: cadastral assessment, geomodel tool, water supply source, soil cover.

Город Минск, будучи столицей Республики Беларусь, подвергается сильному антропогенному воздействию. Значительное влияние на компоненты окружающей среды приводит к нарушению их функционирования и ухудшению экологической обстановки в целом. Все эти компоненты в совокупности негативно сказываются на здоровье и комфортности жизни человека, поэтому оценка экологического состояния урбанизированных

территорий должна быть ориентирована на создание благоприятных условий для проживания населения.

В терминологии оценки недвижимости под экологическими факторами понимается состояние окружающей среды и её отдельных компонентов, которые влияют на рыночную стоимость объектов недвижимого имущества. Часто такие факторы разделяют на отрицательные (загрязнение отдельных элементов окружающей среды) и положительные (близкое расположение к рекреационным, оздоровительным и природоохранным зонам) [1]. При проведении кадастровой оценки учитывается сводный коэффициент влияния факторов, среди которых присутствует доступность мест отдыха населения в радиусе 1 километра и расположение санитарно-защитных зон [2]. При этом не учитываются иные факторы, имеющие непосредственное влияние на жизнь и здоровье населения, что определяет актуальность проведения исследований, по их оценке, анализу и внедрению в сводный коэффициент факторов оценки.

Для более комфортного проживания человека в городе необходимо учитывать качество водоснабжения, поскольку вода является неотъемлемой частью жизни, в том числе и в бытовых условиях, поэтому качество источников водоснабжения стоит учитывать при оценке жилой недвижимости – в кадастровой оценке это жилая многоквартирная и жилая усадебная зоны.

Основным источником водоснабжения в Минске являются подземные источники, но часть города до сих пор использует поверхностные (Фрунзенский и Московский районы). Важно понимать, что поверхностные воды после соответствующей обработки удовлетворяют санитарно-гигиеническим нормам, установленным для питьевых вод. Однако в связи с незащищенностью поверхностных вод от загрязнения перед подачей потребителям они требуют обязательного хлорирования, поэтому они значительно уступают органолептическим свойствам воды из подземных источников.

Загрязнение почвенного покрова обусловлено функциональным использованием территории: максимальное загрязнение почв характерно для промышленных зон в Заводском и Партизанском районах (предприятия машиностроения, металлообработки и энергетики). Также стоит отметить, что в более старых районах города уровень загрязнения почв выше за счет более длительного антропогенного воздействия. Поскольку загрязнение почв влияет на растительность, его стоит учесть при оценке рекреационной зоны.

Материалами исследования послужили данные о загрязнении почвенного покрова [3] и источниках водоснабжения [4]. В качестве операционной единицы в работе были приняты оценочные зоны города [2].

Согласно ТКП 52.2.04-2016 (33520) «Оценка стоимости объектов гражданских прав. Порядок кадастровой оценки земель, земельных участ-

ков по виду функционального использования земель «Жилая многоквартирная зона» от 01.05.2016 [5] коэффициент влияния фактора K имеет следующий вид:

$$K_f = K \times (S_f / S), \quad (1)$$

где K – значение коэффициента фактора, S_f – площадь покрытия фактором оценки, S – площадь оценочной зоны.

Каждому источнику водоснабжения был определен коэффициент влияния: подземному – 1, смешанному – 0,95 и поверхностному – 0,9. Для определения коэффициента качества водоснабжения $K_{\text{вод}}$ была рассчитана процент покрытия оценочной зоны каждым источником. При покрытии зоны несколькими источниками, коэффициент будет рассчитываться по формуле:

$$K_{\text{вод}} = S_{\text{подзем}} + 0,95S_{\text{смеш}} + 0,9S_{\text{поверх}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{подзем}}$ – процент покрытия подземным источником, $S_{\text{смеш}}$ – процент покрытия смешанным источником, $S_{\text{поверх}}$ – процент покрытия поверхностным источником.

Пороговые значения содержания химических веществ делятся на 4 группы от низкого к очень высокому [6]. Аналогично источникам водоснабжения для каждого уровня загрязнения был присвоен коэффициент: 0,95 – низкому уровню загрязнения, 0,9 – среднему, 0,85 – высокому и

0,8 – очень высокому. Коэффициент загрязнения почвенного покрова в таком случае рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{почв}} = 0,9S_1 + 0,9S_2 + 0,85S_3 + 0,8S_4, \quad (3)$$

где S_1 – процент покрытия низким уровнем загрязнения, S_2 – процент покрытия средним уровнем загрязнения, S_3 – процент покрытия высоким уровнем загрязнения и S_4 – процент покрытия очень высоким уровнем загрязнения.

Для проведения расчетов коэффициентов влияния факторов и того, как изменится кадастровая стоимость, был создан инструмент-геомодель (рис. 1). Геомодели представляют собой последовательность инструментов, что позволяет не повторять одни и те же действия несколько раз, а использовать один инструмент с заданными параметрами для получения необходимого результата.

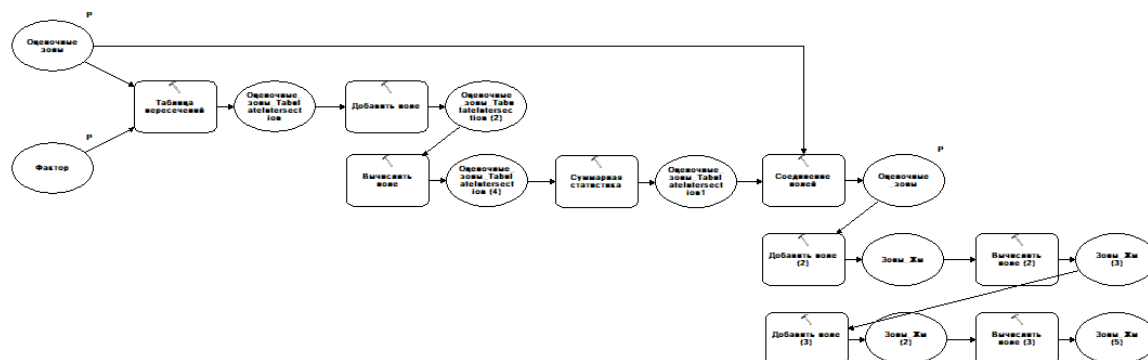


Рис. 1. Инструмент-геомодель расчета коэффициента влияния факторов и изменения кадастровой стоимости с их учетом

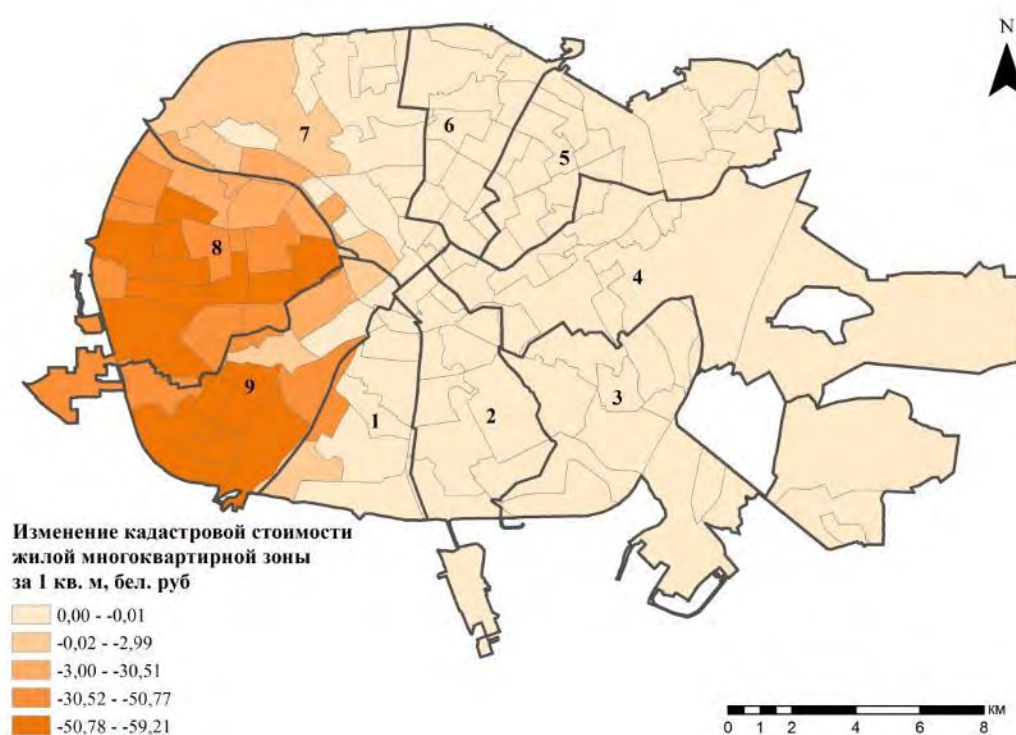


Рис. 2. Изменение кадастровой стоимости жилой многоквартирной зоны
Здесь и далее цифрами обозначены районы: 1 – Октябрьский, 2 – Ленинский, 3 – Заводской, 4 – Партизанский, 5 – Первомайский, 6 – Советский, 7 – Центральный, 8 – Фрунзенский, 9 – Московский

Использование созданного инструмента позволяет ускорить процессы вычислений коэффициентов, несмотря на временные затраты для налаживания работы инструмента при его первоначальном создании. Помимо избавления от повторяющихся действий при ручной работе, готовый инструмент может быть использован для расчета аналогичных показателей для других городских населенных пунктов, для чего будут необходимы только входные параметры.

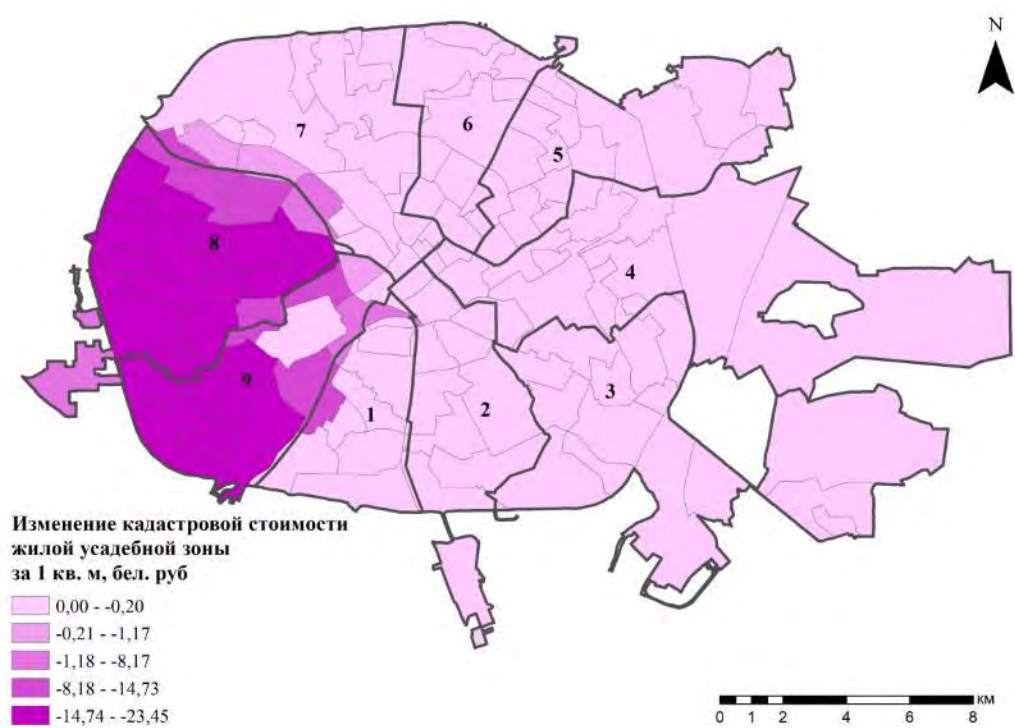


Рис. 3. Изменение кадастровой стоимости жилой усадебной зоны

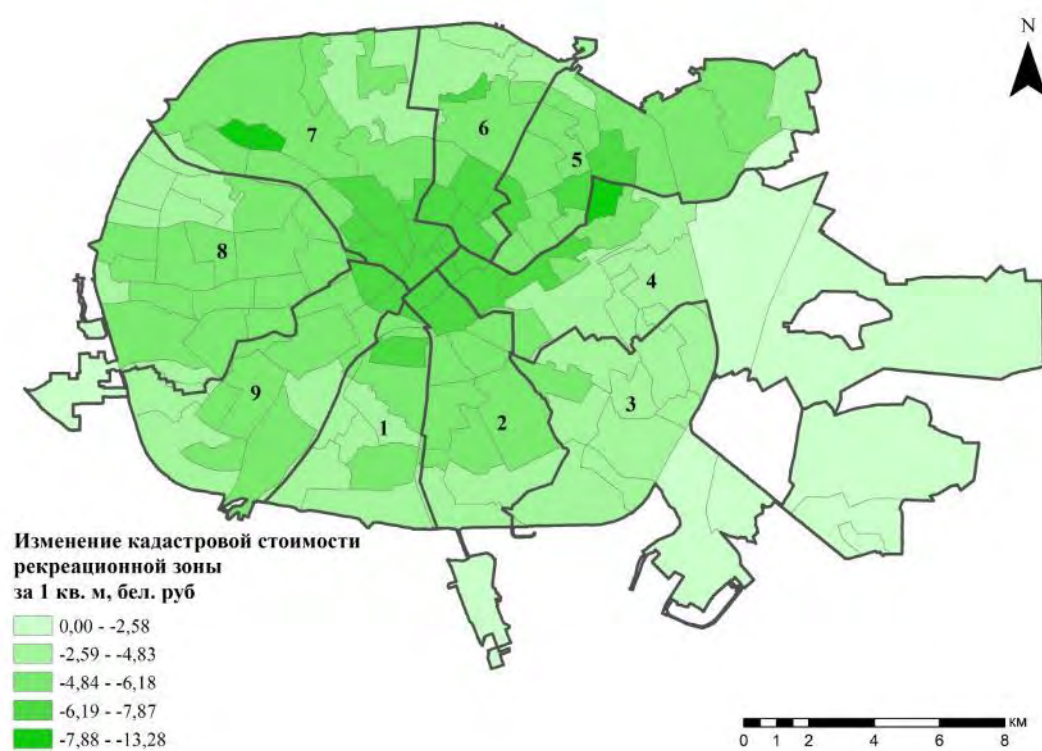


Рис. 4. Изменение кадастровой стоимости рекреационной зоны

Учет вышеописанных компонентов окружающей среды и результат работы моделей позволили определить, как изменится кадастровая стоимость в г. Минске (рис. 2-4).

Для жилых многоквартирной (рис. 2) и усадебной (рис. 3) зон стоимость изменится в Московском и Фрунзенском районах, что связано с использованием поверхностных источников водоснабжения. Их учет снизит кадастровую стоимость до 10%. Зоны с минимальными изменениями располагаются на границах источников водоснабжения, поскольку конфигурация оценочных зон от них не зависит. Максимальное снижение стоимости жилой многоквартирной зоны в абсолютном представлении достигает 59,21 бел. руб. за 1 м², минимальные – 5 копеек за 1 м². В жилой усадебной зоне стоимость снизится от 2 копеек до 23,45 рублей за 1 м².

Хотя почвенное загрязнение распространяется по городу неравномерно, уровни загрязнения относятся к низким, поэтому стоимость рекреационной зоны снизится равномерно на 5 % (рис. 4).

Результат расчета данного коэффициента предполагает его учет при проведении кадастровой оценки. Учёт данных коэффициентов будет снижать стоимость земель и земельных участков. Повышение кадастровой стоимости возможно путём снижения количества выбросов загрязняющих веществ, увеличением количества ландшафтно-рекреационных зон, а также переводом всего города на подземные источники водоснабжения.

Библиографические ссылки

1. Грибовский С. В., Иванова Е. Н., Львов Д. С. Оценка стоимости недвижимости. М.: ИНТЕРРЕКЛАМА, 2003. 704 с.
2. Регистр стоимости земель, земельных участков [Электронный ресурс]. URL: <http://vl.nca.by/> (дата обращения: 28.10.2023).
3. Особенности загрязнения почв в различных функционально-планировочных зонах Минска / В. С. Хомич [и др.]. Минск: Природопользование. Вып. 16. 2009. С. 71-81.
4. Качество воды в вашем доме [Электронный ресурс]. URL: <https://minskvodokanal.by/water/home/> (дата обращения: 20.09.2022).
5. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Порядок кадастровой оценки земель, земельных участков по виду функционального использования земель «Жилая многоквартирная зона» – Ацэнка вартасці аб'ектаў грамадзянскіх праў. Парадак кадастравай ацэнкі зямель зямельных участкаў па відзе функцыянальнага выкарыстання «Жылая шматкватэрная зона». ТКП 52.2.04-2016 (33520). Введ. 01.05.2016. Минск: Госкомимущество, 2016. 20 с.
6. Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах : ЭкоНиП 17.03.01-001-2020. Введ. 01.01.2021. Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2020. 15 с.

ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Ю. В. Зиновик, А. А. Сазонов

*Белорусский государственный университет, Ленинградская 16, 220030,
г. Минск, Беларусь, jualialuix@gmail.com*

В работе формировалась первичное оценивание рекреационного потенциала для районных городов Беларуси на основе методики кластерного анализа. Сформированные кластеры позволили разделить все районные города по потенциалу рекреационной инфраструктуры и провести последующий анализ с выявлением городов, требующих рекреационного развития.

Ключевые слова: кластерный анализ; рекреационный потенциал; оценивание.

ASSESSMENT OF THE RECREATION POTENTIAL OF CITIES OF BELARUS BY METHODS OF CLUSTER ANALYSIS

J. Zinovik, A. A. Sazonau

*Belarusian State University,
Minsk, Nezavisimosti Ave., 4, 220030, Belarus*

The work formed a primary assessment of the recreational potential for regional cities of Belarus based on the cluster analysis technique. The formed clusters made it possible to divide all regional cities according to the potential of recreational infrastructure and carry out subsequent analysis to identify cities requiring recreational development.

Keywords: cluster analysis; recreational potential; assessment.

Методы кластерного анализа в географических исследованиях находят все новое применение. Так, кластерный анализ используется для группировки регионов, где кластерный анализ может помочь выделить группы регионов с похожими характеристиками, что облегчит сравнение и анализ; выявление паттернов: этот метод помогает выявить пространственные паттерны в данных, что важно для понимания распределения явлений, таких как население, климат, или экономические показатели. Анализ кластеров может быть полезен при принятии решений в области геопланирования, например, при определении оптимальных мест для строительства инфраструктуры или размещения предприятий.

В свою очередь, метод К-средних (K-means) является одним из наиболее популярных методов кластерного анализа, и у него есть несколько преимуществ. Этот алгоритм эффективен на больших объемах данных, прост

и понятен при интерпретации результатов. Однако, стоит отметить, что К-средних также имеет ограничения, такие как чувствительность к выбросам и неспособность обрабатывать кластеры произвольной формы. Тем не менее, во многих случаях он остается эффективным инструментом для кластерного анализа.

На подготовительном этапе были собраны данные по объектам рекреационной инфраструктуры городов-районных центров Беларуси следующих категорий: заведения азартных игр, кинотеатры и театры, музеи и выставки, заведения общественного питания, парки и зоопарки, центры спорта. Источником данных стали базы данных OpenStreetMap, Яндекс Карты.

Далее, для проведения кластерного анализа, необходимым представлялось выделить количественный параметр у данных. С этой целью были подсчитаны все уникальные категории выделенной инфраструктуры в пределах каждого районного города. Затем, данные значения были выражены в процентном отношении к общему количеству всех категорий в каждом городе.

Прежде, чем провести дифференциацию рекреационного потенциала районных городов Беларуси на отдельные группы, проводилось предварительное выделение оптимального количества таких групп (кластеров).

Оптимальным количеством рекреационной классификации городов экспертным методом определено в выделении пяти кластеров. Именно данное количество кластеров позволило учесть и разномасштабность исследуемых территорий и выделить закономерность кластеризации.

Все необходимые расчёты, а также выполнение самого кластерного анализа осуществлялось в программной среде ArcGIS Pro с использованием метода кластеризации «K-means» и метода инициализации «Случайные местоположения начальных объектов». В результате была получена следующая классификация районных городов Беларуси (рис. 1).

Таким образом, районные города Беларуси были разделены на пять кластеров оценки рекреационного потенциала.

Чтобы выявить закономерность данной кластеризации необходимо взглянуть на построенные диаграммы размаха (рис. 2).

На (рис. 2) предоставлены основные параметры столбцов диаграмм, которые позволяют судить о разбросе данных: минимальное и максимальное значения, значения первого и третьего квартилей, медианы, а также межквартильный размах (мера вариативности одномерного распределения случайной величины. Определяется через квантили, а именно принимается равной разнице между 75-м и процентилями, то есть между третьим и первым квартилями) [1].

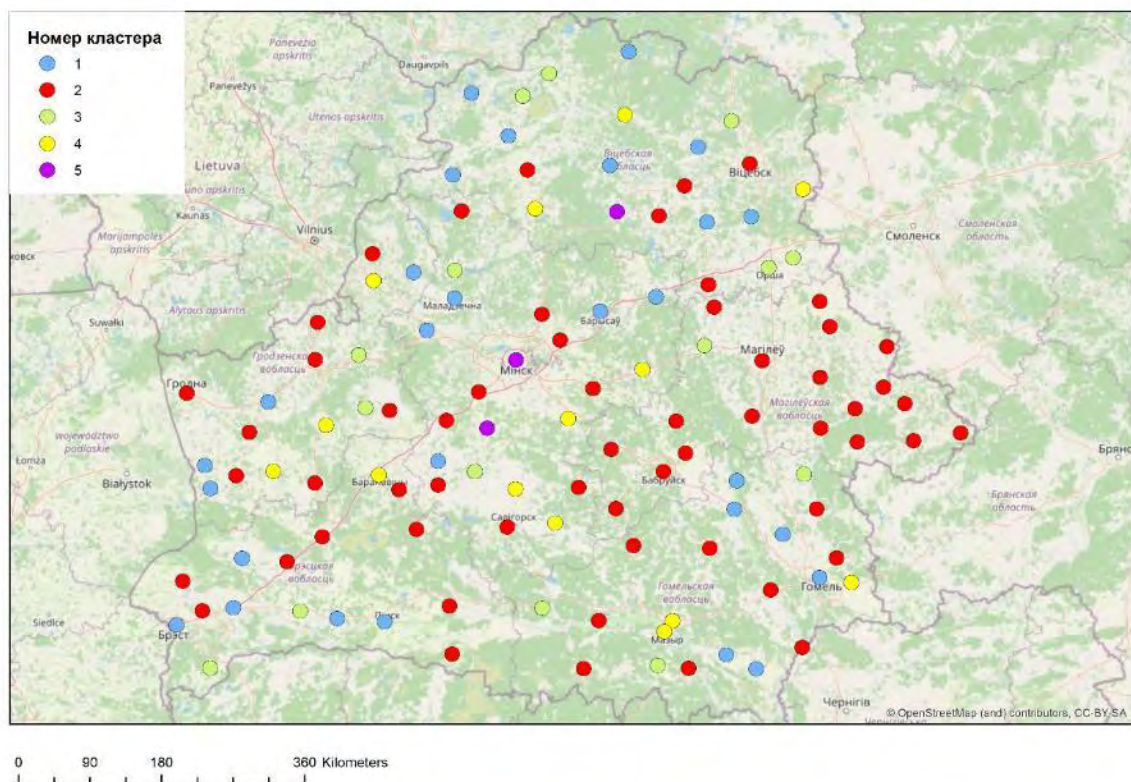


Рис. 1. Распределение районных городов

Стоит обратить внимание на оси построенной диаграммы.

Ось ординат представлена стандартизированным значением атрибутов (включает z-преобразование, при котором среднее значение всех значений вычитается из каждого значения и делится на стандартное отклонение для всех значений). Таким образом, стандартизация z-показателя помещает все атрибуты в один и тот же масштаб, позволяя визуализировать несколько распределений на одной диаграмме [2].

Ось абсцисс представлена выделенными категориями оценивания рекреационного потенциала (заведения азартных игр, кинотеатры и театры, музеи и выставки, заведения общественного питания, парки и зоопарки, центры спорта).

Анализируя полученную диаграмму, можно отметить относительно равномерное распределение для второго и четвёртого кластеров. Иная ситуация прослеживается для первого, третьего и пятого кластеров, при этом значения пятого кластера носят аномальный характер и значительно выбиваются из общего ряда анализируемых категорий (в частности категории музеи и выставки, заведения общественного питания).

Для объяснения полученных результатов и выявления закономерности стоит проанализировать более подробную диаграмму размаха, которая

позволяет продемонстрировать составляющие значения при выделении того или иного кластера (рис. 3).

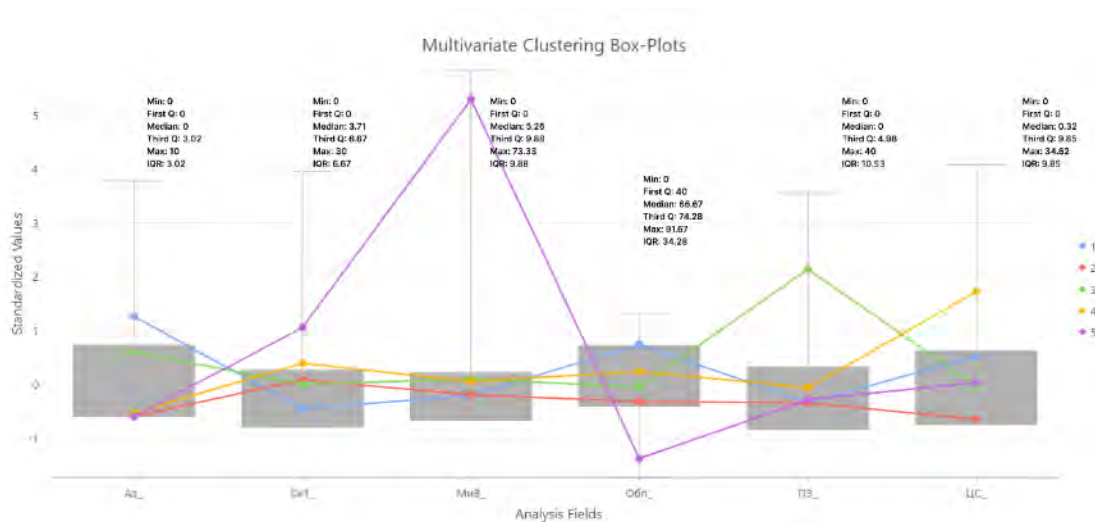


Рис. 2. Диаграмма размаха построенных кластеров

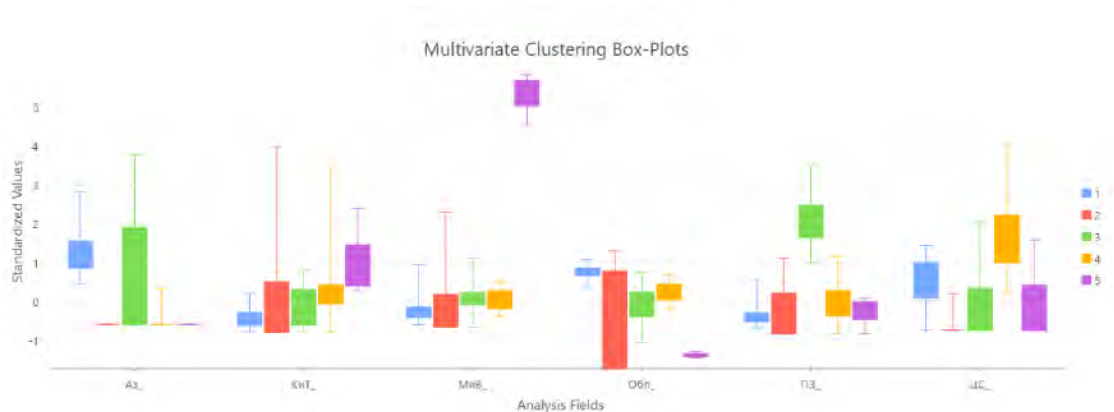


Рис. 3. Диаграмма размаха построенных кластеров (со слагающими)

Главный принцип выделения кластеров строится на максимальном их различии между собой, то есть, чем больше выражена разница значений, тем больше вероятность выделения их в отдельные составляющие. Так, из представленной диаграммы (рис. 3) можно сказать, что решающую роль в выделении второго кластера сыграли наибольшее максимальное значение кинотеатров и театров, наибольшее максимальное и минимальное значения заведений общественного питания. При выделении третьего кластера основными параметрами выступили наибольшее максимальное значение заведений азартных игр, парков и зоопарков, оптимальные (близкие к медиане) значения кинотеатров и театров и центров спорта.

Пики пятого кластера, указывают на контрасты внутри группировки городов по рекреационному потенциалу. Такое распределение свидетельствует о необходимости пересмотреть данные на выявление ошибок при подготовке данных.

Таким образом, анализируя слагающие пятого кластера видно, что его выделение произошло на наибольшем максимальном значении музеев и выставок, наибольшем минимальном значении заведений общественного питания.

Об аномальности выделения пятого кластера также свидетельствует количество вошедших в данный кластер городов (рис. 4).

Четвёртый кластер имеет наиболее оптимальное (близкое к медианным значениям) распределение.

Первый кластер, в отличие от других четырёх, имел главный фактор распределения на основе минимальной частоты встречаемых значений.

Из проведённого кластерного анализа по формированию рекреационной оценки районных городов Беларуси, можно сделать ряд выводов.



Рис. 4. Диаграмма количественного распределения городов по кластерам

Если исходить из проведённого анализа, то наибольший потенциал рекреационного развития имеют города с оптимальными значениями распределения, относительно выделенных категорий рекреационной инфраструктуры. Это города, вошедшие в четвёртый кластер, затем немного меньший балл могут получить города второго кластера, далее первого, третьего и пятого.

Следует отметить, что проведённый анализ позволил продемонстрировать методику многофакторного кластерного распределения пространственных данных. Сами же полученные результаты имеют экспериментальный характер.

Таким образом, использование методов кластерного анализа в географических исследованиях может значительно облегчить анализ пространственных данных и выделение закономерностей, что полезно для принятия решений в различных областях.

Библиографические ссылки

1. Understanding Statistics. Oxford University Press, 1996 [Electronic resource]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Interquartile_range (date of access: 12.11.2023).
2. How Multivariate Clustering works : ArcGIS Pro [Electronic resource]. URL: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.0/tool-reference/spatial-statistics/how-multivariate-clustering-works.htm> (date of access: 12.11.2023).

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ СВЕТОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДОВ-КУРОРТОВ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД (2012 -2022 ГГ.) С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

М. Б. Каган¹⁾, Д. С. Тасенко²⁾

¹⁾ Санкт-Петербургский государственный университет, 10-я линия Васильевского острова, 31-33, 199178, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: kagan.mikko@gmail.com

²⁾ Северо-Кавказский федеральный университет, пр. Кулакова, 16, 355029, г. Ставрополь, Россия, e-mail: dimitri.tasenko@yandex.ru

В статье рассматривается современная экологическая проблема – световое загрязнение. На примере городов-курортов Кавказских Минеральных Вод была рассчитана динамика светового загрязнения за период с 2012 по 2022 годы с использованием ДДЗ и геоинформационных систем. Полученные данные позволяют выявить проблемные участки, где сила светового загрязнения высокая и причины, из-за которых это произошло. Данная проблема носит техногенный характер и влияет как на человека, так и на окружающую среду.

Ключевые слова: световое загрязнение; световые зоны; световое гало, Кавказские Минеральные Воды, города-курорты, дистанционное зондирование.

DYNAMICS OF LIGHT POLLUTION IN RESORT TOWNS OF THE CAUCASIAN MINERAL WATERS (2012 -2022) USING REMOTE SENSING DATA

М. B. Kagan¹⁾, D. S. Tasenko²⁾

¹⁾ Saint Petersburg State University, ul. St. 10th line of Vasilievsky ostrov, 31–33, 199178, Saint Petersburg, Russia, e-mail: kagan.mikko@gmail.com

²⁾ North Caucasus Federal University, Kulakova Av., 16, 355029, Stavropol, Russia, e-mail: dimitri.tasenko@yandex.ru

In the article considers a modern environmental problem - light pollution. On example of the resort towns of the Caucasian Mineral Waters was calculated the dynamics of light pollution for the period from 2012 to 2022 using remote sensing and geographic information systems. The obtained data allow us to identify problem areas where light pollution is high and the reasons why this happened. This problem is technogenic pollution and affects both humans and the environment.

Keywords: light pollution; light zones; light halo; Caucasian Mineral Waters, resort towns, remote sensing.

Световое загрязнение – это явление, при котором ночное небо освещается искусственными источниками света, лучи которых рассеиваются в нижних слоях атмосферы [2].

Световое загрязнение классифицируется на 5 видов:

1) переосвещение; 2) нарушение освещения; 3) яркий свет; 4) свечение ночного неба; 5) световой беспорядок.

Согласно предписаниям Всемирной Ассоциации Ночного Неба (International Dark-Sky Association (IDA)) [7, 10], избыточным светом считается та часть луча света, которая превысила линию горизонта (рис. 1).

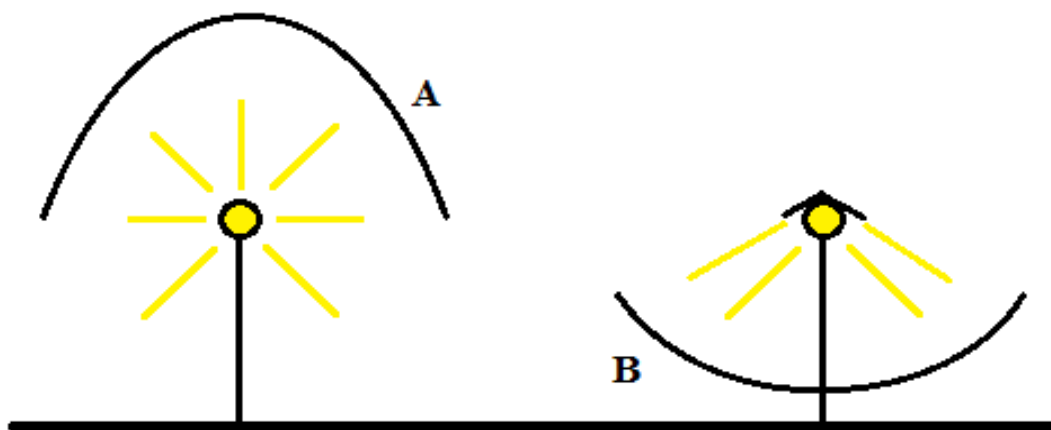


Рис. 1. Распространение света от фонарей наружного освещения

А – неправильная (нарушенная) конструкция фонаря;

В – правильная (ненарушенная) конструкция фонаря по предписаниям IDA

Кавказские Минеральные Воды сформировалась на основе туристско-рекреационных поселений и минеральных ресурсов. Увеличенный поток туристов и развитие оздоровительного потенциала территории привело к росту городов и инфраструктуры и, как следствие, усилению светового загрязнения.

Данная тема рассматривалась у зарубежных учёных, а также в работах Курочкиной В.А., Жиряковой А.Е., Абакумовой Д.В., Бутенко Л.А., Зеленина А.Н., Боруна А.Р., Галышева А.Б., Кагана М.Б., Скрипчинской Е.А. и Романенко К.И. и др.[1, 2, 3, 4, 5, 6].

Данные дистанционного зондирования Земли предоставляют огромный спектр инструментов для изучения городов и территорий, в частности и для светового загрязнения городов. Одно из преимуществ заключается в том, что можно проводить мониторинг различных по площади территорий земного шара без полевых исследований. Также с применением геоинформационных технологий возможно визуализировать и проанализировать полученную информацию.

Основными шагами в исследовании стали:

1 - сбор и обработка исходных данных (открытый источник космических снимков Earth Observation Group);

2 - изучение светового загрязнения с использованием космических снимков на примере городов-курортов Кавказских Минеральных Вод;

3 - анализ полученных данных.

В качестве исходных данных были взяты снимки с метеорологического спутника Suomi NPP [9] операторов Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA) и Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA). Спутник оборудован 5-ю инструментами для получения и обработки изображений и совершает 14 витков вокруг планеты за сутки. Данные предоставляются по месяцам и годам, начиная с 2012 года. Все показатели усреднены за определенный период на весь мир, поэтому отличаются от привычных космических снимков.

Главной задачей исследования была оценка светового загрязнения Кавминвод.

Визуализация и анализ данных проводился в геоинформационной системе QGIS.

С применением плагина «Зональная статистика» произведен расчет данных по средним, минимальным и максимальным значениям светового загрязнения по городским округам за 2012 и 2022 годы. Сила излучения рассчитывалась по формуле:

$$Radiant\ intensity = \frac{W}{cm^2 sr}$$

где W – мощность излучения;

sr – стерadian (единица измерения телесного угла в системе СИ);

cm^2 – площадь.

Для изучения динамики светового загрязнения выбраны города-курорты Кавказских Минеральных Вод: Кисловодск, Ессентуки, Пятигорск, Железноводск и Лермонтов.

Данные по средним, минимальным и максимальным значениям светового загрязнения городов-курортов КМВ приведены в таблице.

Среднее значение за 10 лет в Ессентуках увеличилось на 5,52, в Железноводске на 4,54, в Кисловодске на 2,25, в Лермонтове на 3,24 и в Пятигорске на 7,23.

Минимальное значение в Ессентуках увеличилось на 0,97, в Железноводске на 0,7, в Кисловодске на 0,35, в Лермонтове на 0,85 и в Пятигорске на 0,58.

Максимальное значение в Ессентуках изменилось на 3,03, в Железноводске на 41,28, в Кисловодске на 30,12, в Лермонтове на 21,95 и в Пятигорске на 46,08.

Значения силы излучения в городах-курортах

Город-курорт	Среднее		Минимальное		Максимальное	
Год	2012	2022	2012	2022	2012	2022
Ессентуки	2,04	7,56	0,17	1,14	29,64	32,67
Железноводск	0,40	4,94	0,04	0,74	3,07	44,35
Кисловодск	1,82	4,07	0,02	0,37	25,06	55,18
Лермонтов	1,01	4,25	0,09	0,94	4,53	26,48
Пятигорск	2,01	9,24	0,04	0,62	12,66	58,74
$\bar{x}$	1,456	6,012	0,072	0,762	14,992	43,484

В результате средние изменение по минимальному значению на 0,69, по максимальному значению на 28,492, а по среднему значению на 4,556.

Самые большие изменения наблюдаются по среднему значению в Пятигорске, по минимальному значению в Ессентуках, а по максимальному значению в Пятигорске.

На рисунке 2 представлена пространственная организация светового загрязнения городов-курортов Кавказских Минеральных Вод в 2012 году.

На рисунке 3 представлена пространственная организация светового загрязнения городов-курортов Кавказских Минеральных Вод в 2022 году.

Кисловодск. В западной и северо-западной части города Кисловодска расположены 6 тепличных комплексов: ООО ЭТК «Меристемные культуры», площадью 9,73 га, построенный в 1998 году; ООО «Вкус Ставрополя», площадью 6 га, построенный в 2018 году; Тепличный комплекс «Белая дача», площадью 29,5 га, построенный в 2019 году; ООО «Нежинское», площадью 10 га и ООО «Долина Солнца», площадью 7 га, построенные в 2022 году; также на территории города имеется тепличный комплекс ООО «КБК», площадью 1,15 га, построенный в 2016 году.

Итого, 5 тепличных комплексов, с общей площадью 53,65 га, было построено за исследуемый период и один комплекс, с площадью 9,73 га, который ведет свою деятельность с 1998 года.

Световое загрязнение от теплиц с каждым годом увеличивается, т.к. организации пытаются увеличить площадь предприятий, повысить урожайность за счёт обновления оборудования, которые уменьшают срок вегетации путем температуры и получаемого света.

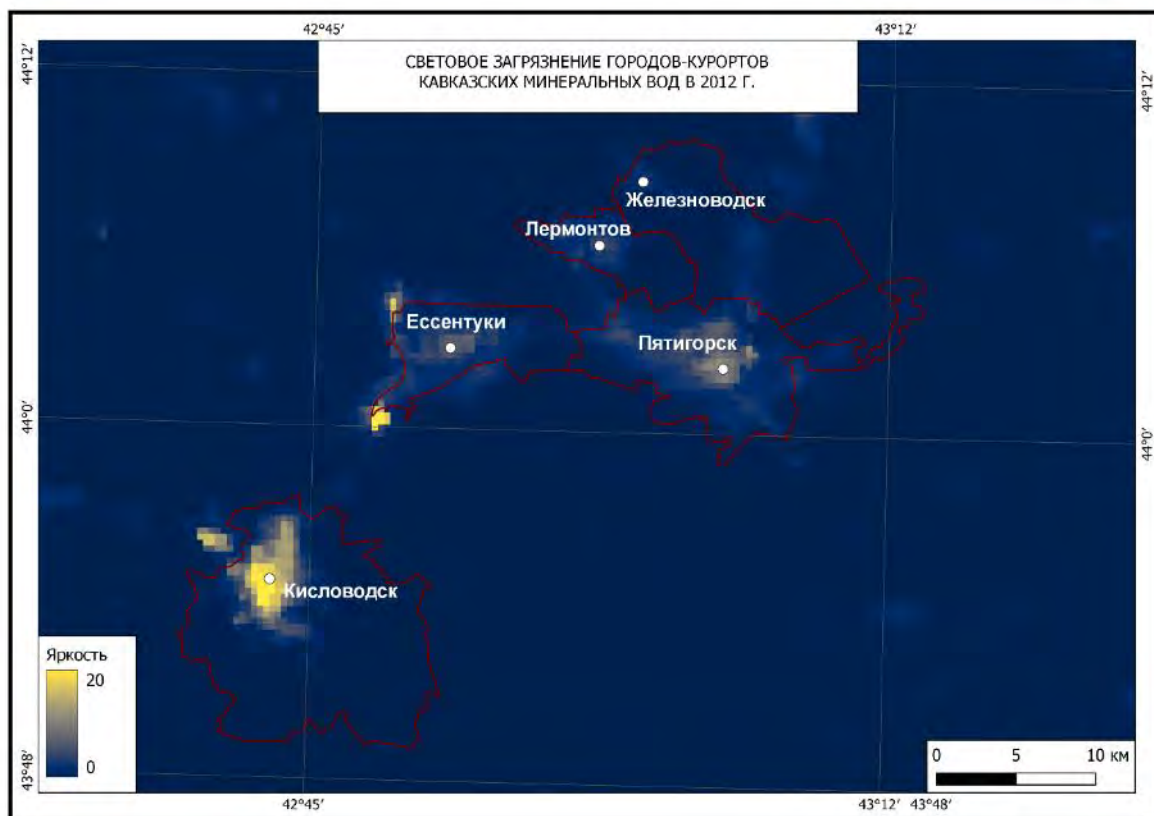


Рис. 2. Световое загрязнение городов-курортов КМВ в 2012 году

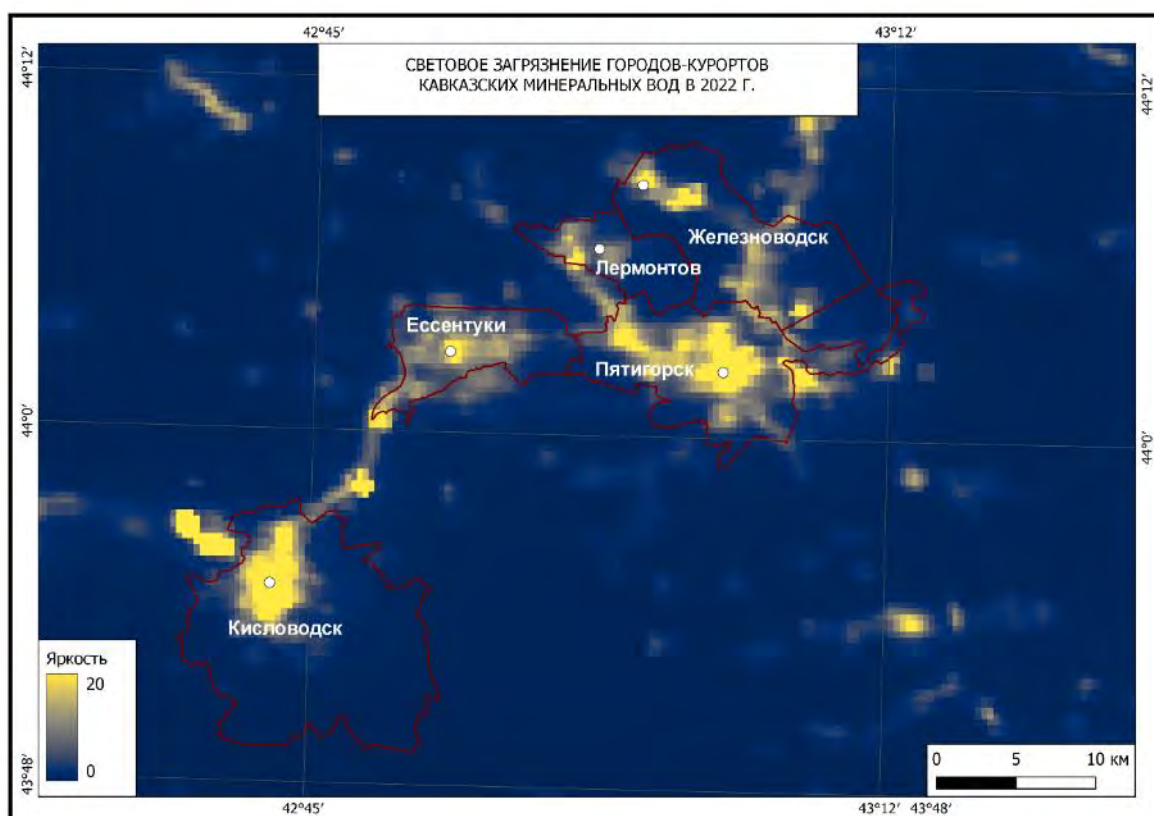


Рис. 3. Световое загрязнение городов-курортов КМВ в 2022 году

В северо-восточном направлении от города Кисловодска происходила активная частная застройка садовых товариществ (СТ) вдоль реки Подкумок. С 2012 по 2022 год инфраструктура развивалась в СТ: были построены дороги, обустроены придомовые территории, проведено уличное освещение вдоль каждой улицы. Активная застройка и развитая инфраструктура – причины увеличения светового загрязнения данной территории.

В городе Кисловодск световое гало увеличилось в центральной части, а именно на улицах Фоменко, Кирова и проспекте Победы, а также на территории спортивного комплекса «Олимпийский», Кисловодского государственного цирка имени Г.М. Трахтенберга и прилегающих землях. Причиной этому послужила замена всех стационарных искусственных источников света и увеличение их количества в связи с благоустройством парков, скверов и прилегающих к дорогам территорий.

Также вдоль дороги Кисловодск-Ессентуки расположен тепличный комплекс ООО «Агрокомплекс Весна», общей площадью 9,2 га в поселке Подкумок, который работает с 2001 года.

Ессентуки. На юго-западе, недалеко от города Ессентуки, также расположен тепличный комплекс ООО «Агрокомплекс Весна», но площадью 13,8 га.

Световое загрязнение в городе Ессентуки обусловлено реконструкцией городского озера и открытием сквера «Приозерный» в 2021 году, строительством и введением в эксплуатацию нового футбольного стадиона «Ессентуки Арена» и спортивной школы по игровым видам спорта в 2018 году, благоустройством парка Победы и Курортного парка в 2020 году, строительством «Приграничного» сквера в восточной части города в 2019 году. На территории вышеперечисленных объектов было либо установлено новое освещение, либо произведена замена на более мощные искусственные источники света (фонари, прожекторы, гирлянды) вдоль тропинок, дорожек, автомобильных дорог.

Пятигорск. В городе Пятигорск были проведены колоссальные работы по благоустройству города, что привело к увеличению светового загрязнения территории. Были проведены реконструкции с 2012 по 2022 года на следующих объектах: парк Победы, парк имени Кирова (2022 год), Емануелевский (2020 год), Комсомольский (2018 год) и Нагорный парки (2019 год), Лазаревский сквер (2021 год), скверах имени Л.Н. Толстого (2020 год), Гагарина (2020 год) и Анджиевского (2015 год), площади Ленина (2021 год), улицы Кирова, которая именуется «Бродвеем» (2021 год), территория озера Провал (2017 год).

Железноводск. В городе Железноводске световое загрязнение увеличилось в центральной и южной части города, что обусловлено благоустройством Городского парка им. С. Говорухина (2022 год) и реконструкцией Курортного парка (с 2019 по 2021 год). Открытие «новых» объектов

привело к ежегодному наплыву большого количества туристов, из-за чего основная часть туристической зоны освещается круглыми сутками.

Лермонтов. Динамика светового гало в городе Лермонтове за 10-летний период обусловлено строительством распределительного центра ПАО «Магнит» в южной части города в 2012 году площадью 3,45 га, а также активной застройкой частными жилыми домами в юго-восточной части города с 2018 года.

При помощи дистанционного зондирования и географических информационных систем (ГИС) рассчитана сила светового загрязнения с 2012 года по 2022 год в городах-курортах Кавказских Минеральных Вод. В первую очередь световое загрязнение обусловлено либо работой тепличных комплексов внушительных размеров в городах Кисловодске, Ессентуки и поселке Подкумок, либо активной застройкой с развитием всех отраслей инфраструктуры новых микрорайонов в городах, либо со строительством, реконструкцией или благоустройством территорий поселений. При всех вышеупомянутых процессах задействуются искусственные источники света (ИИС) в больших количествах. Чаще всего ИИС создается, или устанавливается, или используется неправильно, направляя лучи света на небесный свод, что приводит к распылению и усилению светового загрязнения.

Разработка комплексных мероприятий по снижению негативного влияния от светового загрязнения не может полностью искоренить эту проблему, однако может способствовать минимизации вредного воздействия на окружающую среду.

В заключение можно сказать, что одним из важных аспектов борьбы со световым загрязнением является огласка данной проблемы в обществе, ведь большинство людей даже не задумывается о том, как сильно избыточный свет влияет на наше здоровье и биоту в целом. ГИС и дистанционное зондирование позволяют выявлять территории, на которых необходимо проводить мероприятия по снижению негативного воздействия на людей, животный и растительный мир.

Библиографические ссылки

1. Курочкина В. А., Жирякова А. Е. Световое загрязнение как фактор влияния на человека и окружающую среду // Вестник Евразийской науки. 2022. № 1.
2. Абакумова Д. В., Бутенко Л. А., Зеленин А. Н. Световое загрязнение и его влияние на окружающую среду // Молодежь и наука. 2018. № 3. С. 47.
3. Борун А. Р., Галышев А. Б. Световое загрязнение и его негативное влияние на человека и прочие живые организмы // Материалы МСКН "Студенческий научный форум 2023". 2021. № 9. С. 60-61.

4. *Каган М. Б.* Световое загрязнение городов на примере Санкт-Петербурга // Сборник материалов участников XIX Большого географического фестиваля : электронное издание, Санкт-Петербург, 7–9 апреля 2023 года / Санкт-Петербургский государственный университет; Институт Наук о Земле; Профсоюзная организация студентов и аспирантов СПбГУ. Санкт-Петербург: Свое издательство, 2023. С. 557-562.

5. *Скрипчинская Е. А., Романенко К. И.* Динамика светового загрязнения Ставропольского края (2012–2020 гг.) // УЭПС: управление, экономика, политика, социология. 2021. № 3. С. 98-105.

6. *Романенко К. И.* Пространственно-временной анализ световых поясов г. Ставрополя в 2012 и 2020 гг. // Сборник материалов участников XIX Большого географического фестиваля : электронное издание, Санкт-Петербург, 7–9 апреля 2023 года / Санкт-Петербургский государственный университет, Институт Наук о Земле, Профсоюзная организация студентов и аспирантов СПбГУ. Санкт-Петербург: Свое издательство, 2023. С. 499-505.

7. Глоссарий IDA [Электронный ресурс]. URL: <https://www.darksky.org/our-work/grassrootsadvocacy/resources/glossary/> (дата обращения: 01.10.2023).

8. Карта светового загрязнения / Light pollution map [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lightpollutionmap.info> (дата обращения: 01.10.2023).

9. Метеорологический спутник Suomi NPP [Электронный ресурс]. URL: <https://eosps.nasa.gov/> (дата обращения: 01.10.2023).

10. Официальный сайт Международной Ассоциации Тёмного Неба / International Darksky Association (IDA) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.darksky.org/> (дата обращения: 01.10.2023).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В. А. Колесникова, М. П. Дружнова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41, 173003, г. Великий Новгород, Российская Федерация, novsu@novsu.ru

В данной статье рассматривается материал, указывающий на актуальность использования ГИС в сельском хозяйстве, рассмотрены возможности применения данной технологии в указанной отрасли, среди которых определение сельскохозяйственных угодий для их эффективного использования с учетом климатических, гидрологических, топографических, почвенных, экологических, аграрных условий. В статье дана оценка занятости территории Новгородской области борщевиком Сосновского с помощью ГИС.

Ключевые слова: геоинформационные системы; сельское хозяйство; дистанционное зондирование земли; информационно-аналитические системы.

USING GIS IN AGRICULTURE

V. A. Kolesnikova, M. P. Druzhnova

Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, ul. B. St. Petersburgskaya, 41, 173003, Veliky Novgorod, Russia, novsu@novsu.ru

This article discusses material indicating the relevance of the use of GIS in agriculture, considers the possibilities of using this technology in this industry, including the identification of agricultural lands for their effective use, taking into account climatic, hydrological, topographical, soil, environmental, agricultural conditions. The article provides an assessment of the occupation of the territory of the Novgorod region by Sosnovsky hogweed using GIS.

Keywords: geographic information systems; agriculture; remote sensing; information and analytical systems.

Сельское хозяйство играет важную роль в экономике большинства стран мира, является основой продовольственного обеспечения, создает сырье для дальнейшей переработки в промышленности, а также создает рабочие места.

Современное сельское хозяйство предполагает получение максимальной выгоды при ограниченности ресурсов, при этом не нанося вред природе и здоровью человека, за счет более эффективного использования природных ресурсов.

Это означает не только использование мощной сельскохозяйственной техники и прогрессивных агрономических методов, но и внедрение современных компьютерных технологий. Сами по себе компьютеры и программное обеспечение, конечно, не смогут заменить традиционные сельскохозяйственные инструменты, но они могут дать очень ценную информацию для их эффективного использования. Только актуальность, корректность и полнота исходных данных будут гарантировать полноценное применение информационных технологий в сельском хозяйстве.

Особенность состоит в том, что почти все используемые данные имеют географическую привязку, что означает необходимость использования специализированных программ, работающих с пространственной информацией, т.е. геоинформационных систем (ГИС).

Данные, используемые в сельскохозяйственных геоинформационных системах, собираются несколькими способами. Основными источниками таких данных являются непосредственные измерения в полевых условиях с последующей обработкой и составлением различных карт (к таким источникам данных относятся различные наземные станции мониторинга, датчики, установленные на сельскохозяйственной технике и в почве), обработка снимков с самолетов, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и космических спутников, а также из баз данных (БД) и на бумажных носителях органов управления организаций [1].

Прямые измерения используются в основном на уровне отдельных хозяйств и сообществ. Их главное преимущество заключается в высокой точности и надежности получаемых результатов, а также в том, что целый ряд показателей может быть измерен непосредственно на месте. Недостатком является высокая стоимость, особенно если речь идет о больших площадях.

Данные с космических аппаратов и аэрофотоснимков позволяют контролировать объем биомассы, равномерность роста растений, увлажнение почвы и другие показатели. Основным преимуществом таких данных, особенно снимков с космических аппаратов, является низкая стоимость при регулярных обследованиях больших территорий.

ГИС помогает решать задачи учета сельскохозяйственных угодий, а также определять наилучшие территории для выращивания различных культур на основе совокупности многих факторов. В программы ГИС могут быть занесены и обработаны для дальнейшего использования в сельском хозяйстве, множество различных данных, таких, как:

- климатические условия: среднегодовая и среднемесячная температура воздуха, количество солнечной радиации, годовое количество осадков и их сезонность, коэффициент увлажнения, продолжительность безморозного периода;

- топографические данные: экспозиция склонов, величина уклонов, коэффициенты инсоляции;
- гидрологические данные: водообеспеченность, направления и интенсивность поверхностного стока;
- характеристики почв: влажность, кислотность, химический состав, содержание в них минеральных веществ;
- многолетняя динамика возделываемых культур и показателей их урожайности;
- районы распространения насекомых-вредителей и болезней возделываемых культур;
- загрязнение окружающей среды: причины, виды и источники;
- виды и сроки предыдущих или планируемых обработок почвы.

Аналитические средства ГИС позволяют решать большое количество задач для увеличения устойчивости сельскохозяйственного производства.

Благодаря передовым аналитическим возможностям и современным компьютерным технологиям в развитых странах появилось так называемое «точное» земледелие, позволяющее собирать данные и анализировать эффективность сельскохозяйственного производства на очень небольших участках. На основе такого анализа для каждого участка определяются оптимальные режимы орошения, внесения удобрений и пестицидов и других операций для каждого участка [2].

Сегодня мы можем наблюдать массовое внедрение компьютерных технологий в сельское хозяйство США, Европы и России.

Впервые работы по использованию ГИС в сельскохозяйственной отрасли Российской Федерации были начаты в 1999 г. в Департаменте информатики, анализа и прогнозирования и в Главном вычислительном центре (ГВЦ) министерства [3]. За это время ГИС становятся неотъемлемой частью многих предприятий и ведомств.

Получение актуальной и точной информации о местоположении и границах контуров сельскохозяйственных угодий является важнейшей задачей для субъектов Российской Федерации, определяя достоверную пространственную основу геоинформационных систем мониторинга.

В большинстве регионов государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения выполняется с использованием информационных систем, создаваемых на базе информационно-телекоммуникационных технологий, которые функционируют в 38 субъектах Российской Федерации, а также современных цифровых технологий получения и обработки данных, включая средства дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) с аэрокосмических носителей и данные съемки с БПЛА (для более локальных задач).

Наиболее широко в субъектах Российской Федерации используются данные ДЗЗ с зарубежных спутников Sentinel, Landsat, Modis, что объясняется доступностью и отработанностью продуктов съемки с этих спутников, а также высокой периодичностью съемки.

Основу для информационных систем представляют геопривязанные контуры земель (полей) сельскохозяйственных угодий и связанные с ними различные тематические сведения об их состоянии и использовании в виде атрибутивной информации. В региональные информационные системы вносятся оцифрованные сельскохозяйственные угодья. Степень оцифрованности таких угодий в системах различна и варьируется от региона к региону.

Анализ функционирования региональных информационных систем мониторинга земель сельскохозяйственного назначения показал, что в 2020 г. из 38 информационных систем, имеющихся в субъектах Российской Федерации, успешно функционировали системы в 33 регионах [4].

В 2021 г. актуализация контуров на основе спутниковых данных ДЗЗ была проведена в 16 субъектах Российской Федерации. С помощью спутниковой съемки в семи субъектах осуществлялось выявление сельскохозяйственных угодий, использование которых не соответствует разрешенному виду использования.

Выявление неиспользуемых земель неразрывно связано с оценкой распространения признаков неэффективного и ненадлежащего использования земель сельскохозяйственных угодий, приводящего к развитию и распространению на них негативных процессов и, в конечном счете, к выбытию угодий из сельскохозяйственного оборота.

Оценка ненадлежащего использования земель сельскохозяйственных угодий проводилась с учетом следующих признаков:

- зарастание древесно-кустарниковой растительностью: максимальные площади заросших сельскохозяйственных угодий выявлены в 2021 г. в Калужской (532 тыс. га), Пензенской (165,6 тыс. га) областях и Республике Мордовия (70 тыс. га);
- засоренность: обследование проводилось в Республике Мордовия (40 тыс. га), Калининградской (в 15 муниципальных образованиях), Пензенской (41,4 тыс. га) областях;
- заболоченность: республика Мордовия (0,5 тыс. га), Калининградская (в 15 муниципальных образованиях), Московская (2,9 тыс. га), Тюменская (28,360 тыс. га) области;
- избыточность пастбищ: выявлена в 15 муниципальных образованиях Калининградской области;
- зарастание борщевиком Сосновского: выявлено в Архангельской, Калужской и Новгородской областях [5].

В Новгородской области на 100% территории определены местоположение и границы сельскохозяйственных угодий, при этом также осуществлялась дешифровка борщевика Сосновского и лесного покрова.

По оценке специалистов, общая площадь угодий Новгородской области, занятых борщевиком Сосновского, составляет около 6,5 тыс. гектаров [6]. Борщевик Сосновского – это травянистое растение, которое представляет угрозу человеку, так как в его соке содержится фуранокумарины, светочувствительные вещества, при попадании на кожу и слизистые делают их более восприимчивыми к воздействию ультрафиолета, вследствие чего происходит образование ожогов, он также наносит вред сельскому хозяйству, угнетая всю растительность там, куда заселяется. Поэтому выявление очагов распространения и своевременное уничтожение важная задача для агрономов.

Таким образом, ГИС являются незаменимой платформой для объединения и анализа больших объемов данных разных типов и играют значительную роль, помогая управляющим, агрономам и другим специалистам увеличить продуктивность и эффективность их работы.

Библиографические ссылки

1. *Нагорнюк К.* Геоинформационные системы в сельском хозяйстве // Геоинформационные системы и геоданные // Esri CIS. 2018. URL: <https://blogs.esri-cis.com/2018/08/09/gis-for-agriculture/> (дата обращения: 30.10.2023).
2. *Новицкий И.* Точное земледелие: принцип работы и перспективы // Сельхозпортал: сайт. 2017. URL: <https://xn--80ajgpcpbhkds4a4g.xn--p1ai/articles/tochnoe-zemledelie/> (дата обращения: 30.10.2023).
3. *Каличкин В. К., Павлова А. И.* Агрономические геоинформационные системы: монография / СФНЦА РАН. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2018. 347 с.
4. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2020 году. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 384 с.
5. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2021 году. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 356 с.
6. Обзор о состоянии и об охране окружающей среды Новгородской области в 2021 году. Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Новгородской области, 2022. 392 с.

ФОРМИРОВАНИЕ TERRAIN-МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА МОГИЛЁВСКОЙ ОБЛАСТИ

П. И. Курочко¹⁾, А. А. Топаз²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
2203030, Беларусь, email: geo.kurochko@bsu.by

²⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
2203030, Беларусь

В работе описан процесс создания Terrain-модели Могилёвской области для последующего создания модели территории всей Республики Беларусь с целью публикации на геопортале dzz.by. Рассмотрены общие сведения о цифровой модели местности и процессе её создания. Изложены методологические аспекты создания Terrain-моделей и публикации её на интернет-ресурсах, что позволяет в интерактивном режиме получать информацию о рельефе.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа, Terrain-модель, картографический веб-сервис.

TERRAIN-MODEL FORMATION OF THE MOGILEV REGION

P. I. Kurochka¹⁾, A. A. Topaz²⁾

¹⁾ Belarusian State University, 4, Niezaleznasci Av., 2203030, Belarus, e-mail: geo.kurochko@bsu.by

²⁾ Belarusian State University, 4, Niezaleznasci Av., 2203030, Belarus,

The paper describes the process of creating a Terrain-model of Mogilev region for the subsequent creation of a model of the territory of the whole Republic of Belarus for the purpose of publication on the geoportal dzz.by. General information about the digital terrain model and the process of its creation is considered. The methodological aspects of creation of Terrain-models and its publication on Internet resources, which allows getting information about relief in interactive mode, are described.

Keywords: digital terrain model, cartographic web-service.

Изучение рельефа земной поверхности – одна из главных задач современной географической науки, а также геодезии. Это связано с тем, что такие характеристики рельефа, как распределение по территории абсолютных высот, относительных превышений, уклонов, вертикальная и горизонтальная расчлененность и некоторые другие, являются объектом фундаментальных географических исследований, а также их учитывают при подготовке территории для строительства различных инженерных соору-

жений. Один из источников информации о рельефе – цифровая модель рельефа (ЦМР). ЦМР – это цифровое описание информации о высоте земной поверхности без учёта растительности, зданий и других высотных объектов, которые на ней находятся [1].

Цель научной работы – рассмотреть особенности процесса создания Terrain-модели рельефа одной из областей Республики Беларусь на основании данных ЦМР с помощью ПО ArcMap и её публикация посредством ArcGIS Server для последующего размещения Terrain-модели для всей Республики на геоинформационном ресурсе dzz.by. В качестве объекта исследования была выбрана территория Могилёвская область.

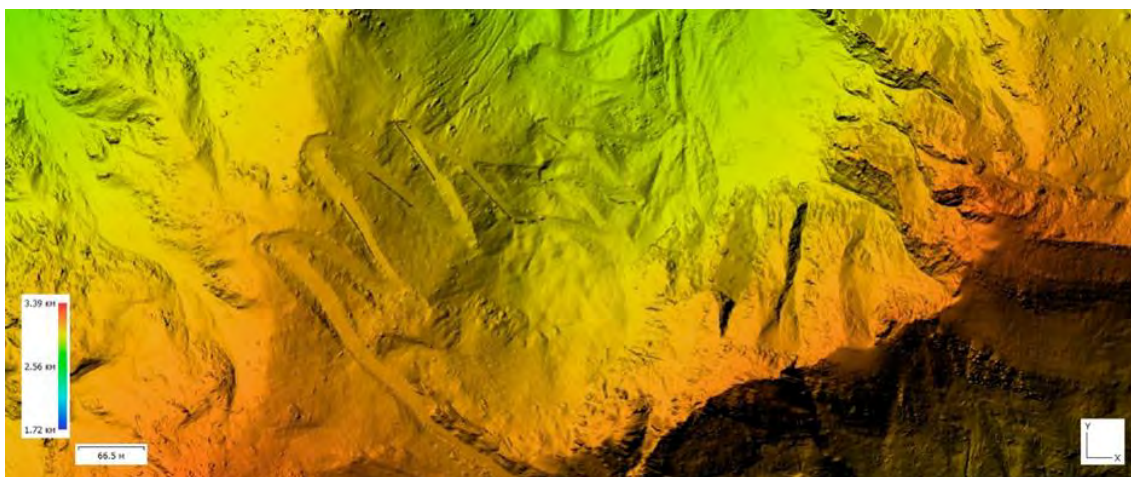


Рис. 1. Цифровая модель рельефа [1]

Для составления ЦМР используются следующие методы сбора информации:

- Наземная топографическая съёмка. Требуется много усилий, времени, использования специальной аппаратуры, при этом вероятность допущения ошибки выше, чем при использовании нижеперечисленных методов.
- Фотограмметрия, выполняемая летательными аппаратами: спутниками, самолётами или беспилотниками.
- Лазерное сканирование с воздуха с применением дронов, оборудованных лидарами.
- Радиолокационная интерферометрия [1].

В проводимых нами исследованиях использовался метод аэрофото-съёмки.

Формируются Terrain-модели в программной среде ArcGIS. Набор данных представления поверхностей Terrain – это созданная на основе TIN поверхность с переменной разрешающей способностью, построенная на основе пространственных объектов базы геоданных (БГД). Публикация данных ЦМР на интернет-ресурсах производится с использованием набора данных представления поверхностей Terrain [3].

Для формирования модели использовались снимки, полученные во время аэрофотосъёмки различным оборудованием в 2019-2022 годах. Так как изменения в рельефе наблюдаются только в течение продолжительного периода, использование материалов за указанный промежуток времени допускается. Снимки были обработаны в программном комплексе Trimble INPHO, что позволило получить необходимые для создания Terrain-модели исходные данные.

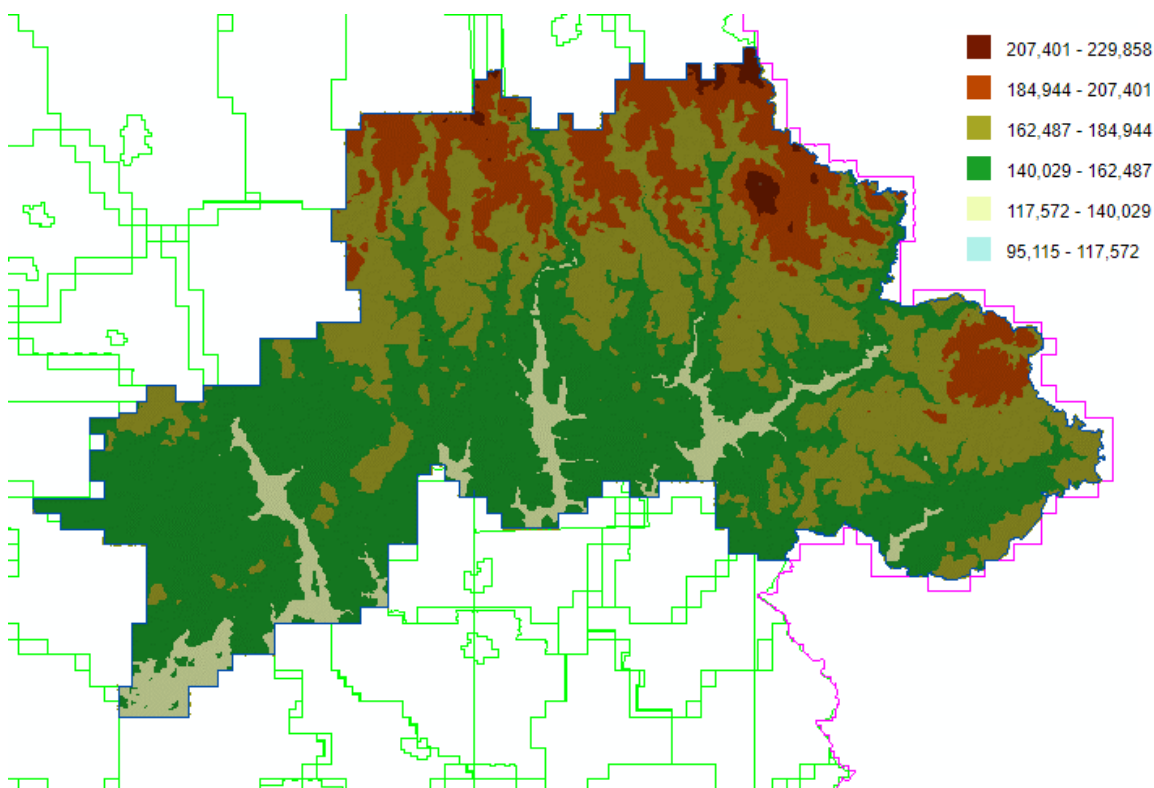


Рис. 2. Terrain-модель Могилёвской области [составлено автором]

Наборы данных Terrain содержат участвующие в них классы объектов и правила. К классам пространственных объектов, которые функционируют как источники данных для Terrain, относятся:

- 1) Мультиточечные классы пространственных объектов – облака точек LAS, созданные фотограмметрическим извлечением;
- 2) Линейные классы пространственных объектов, созданные фотограмметрическим методом в стереоскопическом режиме – горизонтали, структурные линии;
- 3) Границы территории объекта, используемые для определения границ набора данных Terrain.

Набор данных Terrain в БГД ссылается на исходные классы пространственных объектов. Он фактически хранит поверхность не как растр или

TIN, а организует данные для быстрого поиска и производит поверхность TIN «на лету». Такая организация включает создание «пирамид Terrain», которые используются, чтобы быстро отыскать только необходимые данные для создания поверхности соответствующего уровня детализации для данной области интереса из БГД. Соответствующий уровень пирамид используется применительно к текущему масштабу отображения или может быть изменён пользователем в аналитических функциях так, чтобы выбранный уровень разрешения использовался для удовлетворения требований точности [3].

Исходные данные загружаются в БГД. На каждую административную область создаётся отдельная БГД и набор данных. Для модели будут использоваться 4 уровня пирамидных слоёв. В результате программных расчётов была сформирована Terrain-модель Могилёвской области (рис. 2).

Шкала была сформирована автоматическим образом на основании данных облака точек. Размер ячейки был установлен 8 метров. Однако, для Terrain-моделей рельефа городов рекомендуется устанавливать размер ячейки 2 метра.

Публикация веб-сервисов на геопортал dzz.by производится с помощью ArcGIS Server. ArcGIS Server представляет собой компонент серверного программного обеспечения, который делает географическую информацию доступной для других пользователей [2].

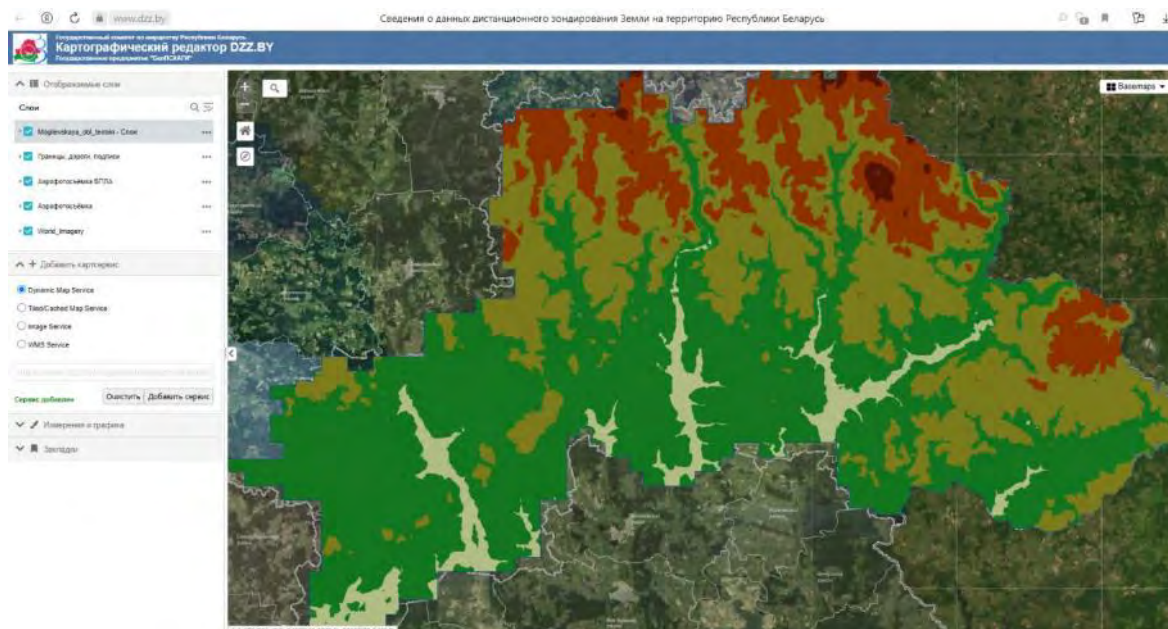


Рис. 3. Опубликованная Terrain-модель Могилёвской области

Благодаря данному программному комплексу на сервере был опубликован картографический сервис с Terrain-моделью Могилёвской области.

Оценка его функционала была выполнена в картографическом редакторе геопортала dzz.by (рис. 3).

Таким образом, была составлена Terrain-модель Могилёвской области, которая будет использоваться для создания функционального слоя на территорию всей республики на геопортале dzz.by.

Библиографические ссылки

1. 3D цифровые модели с помощью беспилотников // Вестник ГЛОНАСС [Электронный ресурс]. 2023. URL: vestnik-glonass.ru/~izzxR/ (дата обращения: 19.07.2023).
2. ArcGIS Enterprise [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://enterprise.arcgis.com/ru/> (дата обращения: 19.07.2023).
3. Геоинформационный ресурс данных дистанционного зондирования Земли (геоинформационный ресурс ДЗЗ): Руководство ГИС-оператора. а.г. Прилуки: БелПСХАГИ. 54 с.
4. Геоинформационное обеспечение моделирования рельефа с использованием цифровых фотограмметрических станций / Б. А. Новаковский [и др.] // Геоинформатика. 2011. № 4. С.42-48.
5. Создание по материалам ДЗЗ цифровых фотограмметрических моделей рельефа земной поверхности и их использование в тематическом картографировании / Б. А. Новаковский [и др.] // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС». 2013. С.32-38.
6. Официальный сайт РДАУП «БелПСХАГИ» [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://beldzz.by/> (дата обращения: 19.07.2023).
7. Сазонов А. А., Жуковская Н. В. Программное геоинформационное обеспечение: практикум для магистрантов фак. географии и геоинформатики. Минск : БГУ, 2022. 39 с.
8. Создание набора данных Terrain с использованием мастера Новый Terrain [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/manage-data/terrains/building-a-terrain-dataset-using-the-terrain-wizard.htm> (дата обращения: 27.08.2023).

ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ВИДОВ ЗЕМЕЛЬ ПО АРХИВНЫМ КАРТОГРАФИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ

Е. Ю. Лутохина, С. И. Кузьмин

*Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская, 16,
220006, г. Минск, Беларусь, email: geo.lutohina@bsu.by*

В данной работе произведено картографирование видов земель по архивным материалам территории Республики Беларусь. Для исследования были взяты такие районы страны, как Браславский, Миорский, Городокский, Воложинский, Слонимский и Пинский. Для выполнения использовался программный комплекс ArcGIS Pro. Работа была проведена по материалам топографической военной карты Рабоче-Крестьянской Красной Армии 1935 года. Итогом стало создание картосхем районов по видам земель. Был проведен сравнительный анализ архивных и современных данных.

Ключевые слова: картографирование; ГИС; архивные материалы; виды земель; динамика; районы.

GIS-MAPPING OF LAND TYPES BASED ON ARCHIVAL CARTOGRAPHIC MATERIALS

E. Y. Lutohina, S. I. Kuzmin

*Belarusian State University, Leningradskaya street, 16,
220006, Minsk, Belarus, e-mail: geo.lutohina@bsu.by*

In this project we have mapped land types based on archival materials of the territory of the Republic of Belarus. Such rayons of the country as Braslavsky, Miorsky, Gorodoksky, Volozhinsky, Slonimsky and Pinsky were taken for the study. The ArcGIS Pro program complex was used for the realization. The work was carried out on the materials of the topographic military map of the Workers' and Peasants' Red Army of 1935. The result was the creation of cartographic schemes of rayons by types of land. A comparative analysis of archival and modern data was carried out.

Keywords: mapping; GIS; archival materials; land types; dynamics; rayons.

Работа выполнена НИЛ экологии ландшафтов для НИР «Разработать классификацию и типологию культурных ландшафтов Беларуси для сохранения природного и историко-культурного наследия» в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда. В «Руководстве по выполнению Конвенции об охране Всемирного наследия» в документах ЮНЕСКО «культурный ландшафт» трактуется как результат совместного творчества

чело-века и природы и отражает процессы эволюции общества под влиянием условий природной среды, социальных, экономических и культурных процессов.[3] Для визуализации таких процессов на территории Республики Беларусь и дальнейшего анализа полученных результатов была проведена работа по картографированию архивных материалов по видам земель.

Целью работы является картографирование архивной карты по видам земель в границах исследуемых районов.

Задачей данного проекта является создание карт районов и проведение сравнительно анализа данных, полученных по материалам архивной карты, и современных данных.

Исходными данными для работы послужили топографическая военная карта Рабоче-Крестьянской Красной Армии в масштабе 1см-2км [2] и шейп-файлы лесов, водных объектов, сельскохозяйственных земель, болот, населенных пунктов и административно-территориальных единиц Республики Беларусь (векторные слои OpenStreetMap) [1].

В первую очередь требуется обозначить область деятельности. В рамках данного исследования было принято решение выделить несколько репрезентативных районов в границах административно-территориального деления страны. Исходя из местоположения, рельефа и культурного использования территории были рассмотрены такие районы, как Браславский, Миорский, Городокский, Воложинский, Слонимский и Пинский.

Следующим этапом было необходимо объединить виды земель в группы, так как масштаб архивной карты не позволяет классифицировать земли по 14 видам земель. Было выделено 5 групп видов: сельскохозяйственные земли, лесные земли, земли под водными объектами, земли под болотами и земли населенных пунктов. В качестве водных объектов выделялись только водоёмы.

Все работы по картографированию объектов выполнялись вручную в программном комплексе ArcGIS Pro. Для этого в базе данных были созданы наборы классов пространственных объектов по районам, в которых создавались полигоны выделенных нами групп видов земель. В результате процесса оцифровки было составлено 6 картосхем районов, показывающие структуру землепользования по данным 1935 года.

Из шейп-файлов OpenStreetMap 2023 были выделены и экспортированы определенные классы объектов и также составлены карты районов.

Далее полученные картографические материалы использовались для сравнения структуры землепользования и эволюции видов земель. Карты поддаются визуальному сравнению. В ходе анализа были посчитаны площади каждого вида земель по архивным материалам и современным данным и составлены диаграммы структуры землепользования.

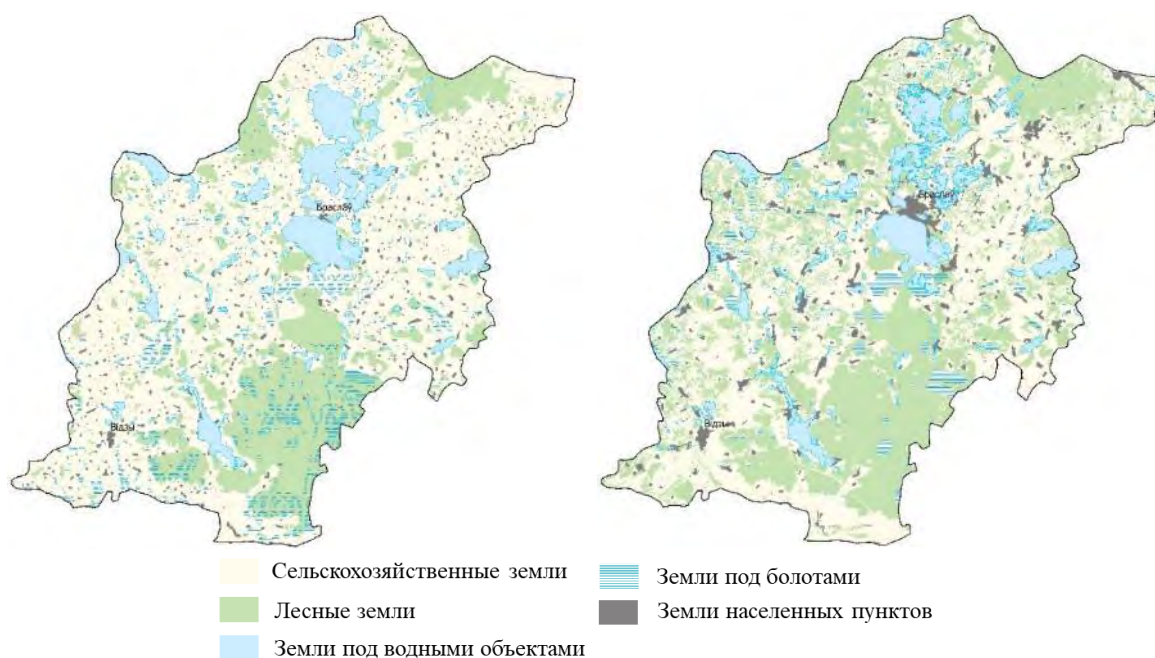


Рис. 1. Картограмма распределения видов земель Браславского района по архивным материалам (слева) и современным данным (справа)

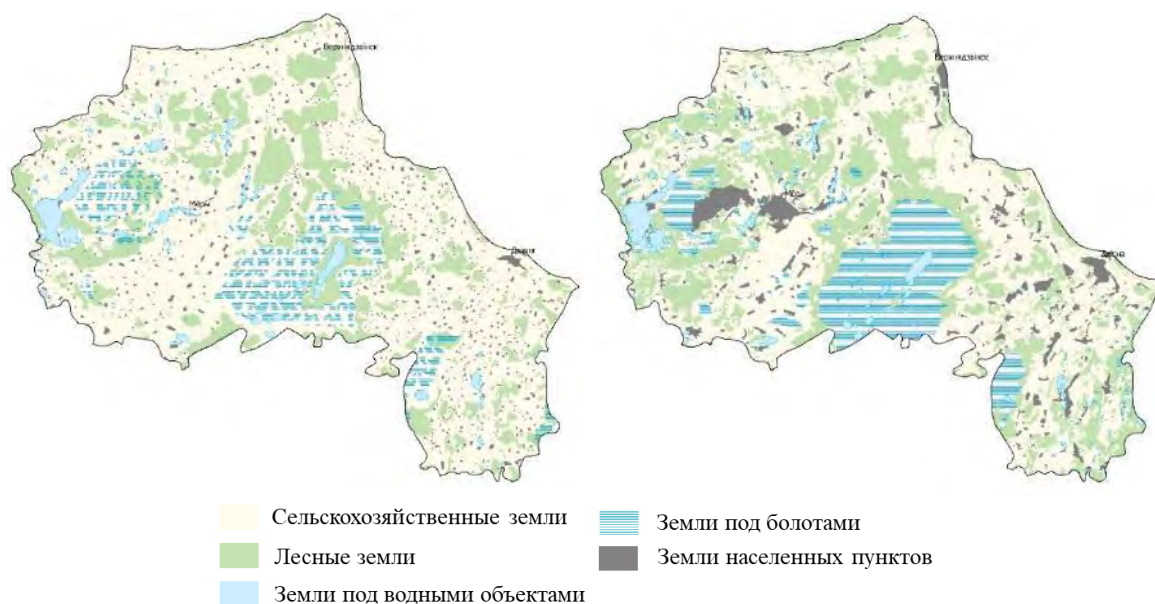


Рис. 2. Картограмма распределения видов земель Миорского района по архивным материалам (слева) и современным данным (справа)



Рис. 3. Картохема распределения видов земель Городокского района по архивным материалам (слева) и современным данным (справа)

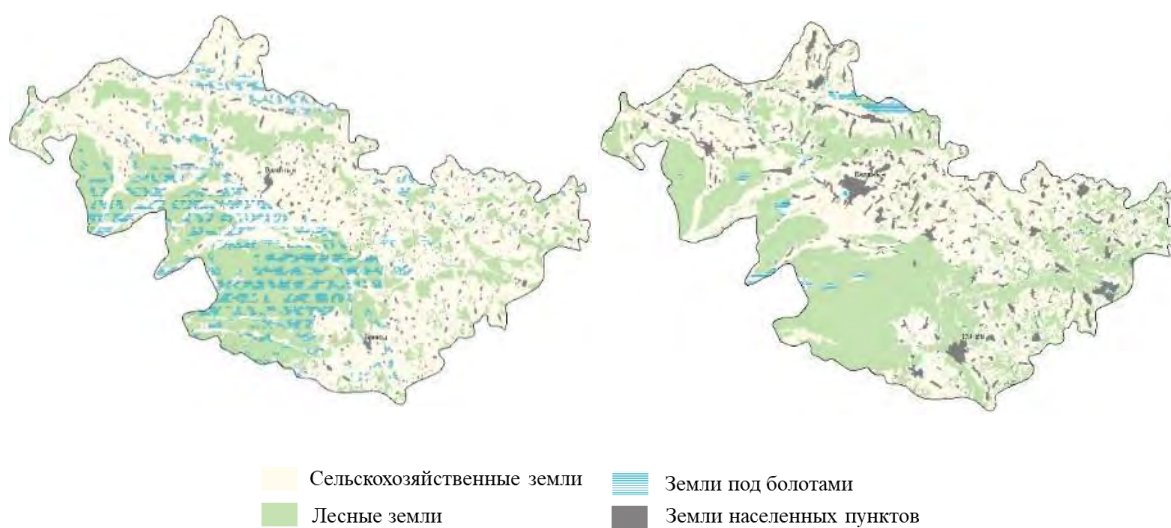


Рис. 4. Картохема распределения видов земель Воложинского района по архивным материалам (слева) и современным данным (справа)

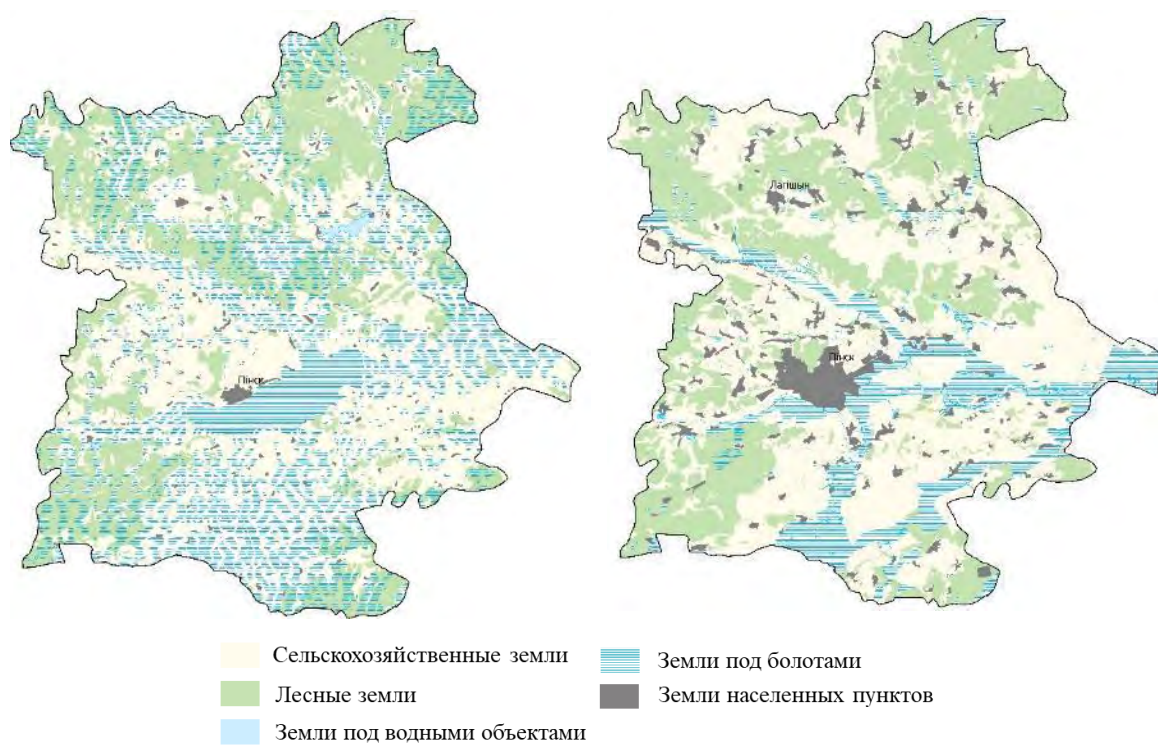


Рис. 5. Картохема распределения видов земель Пинского района по архивным материалам (слева) и современным данным (справа)

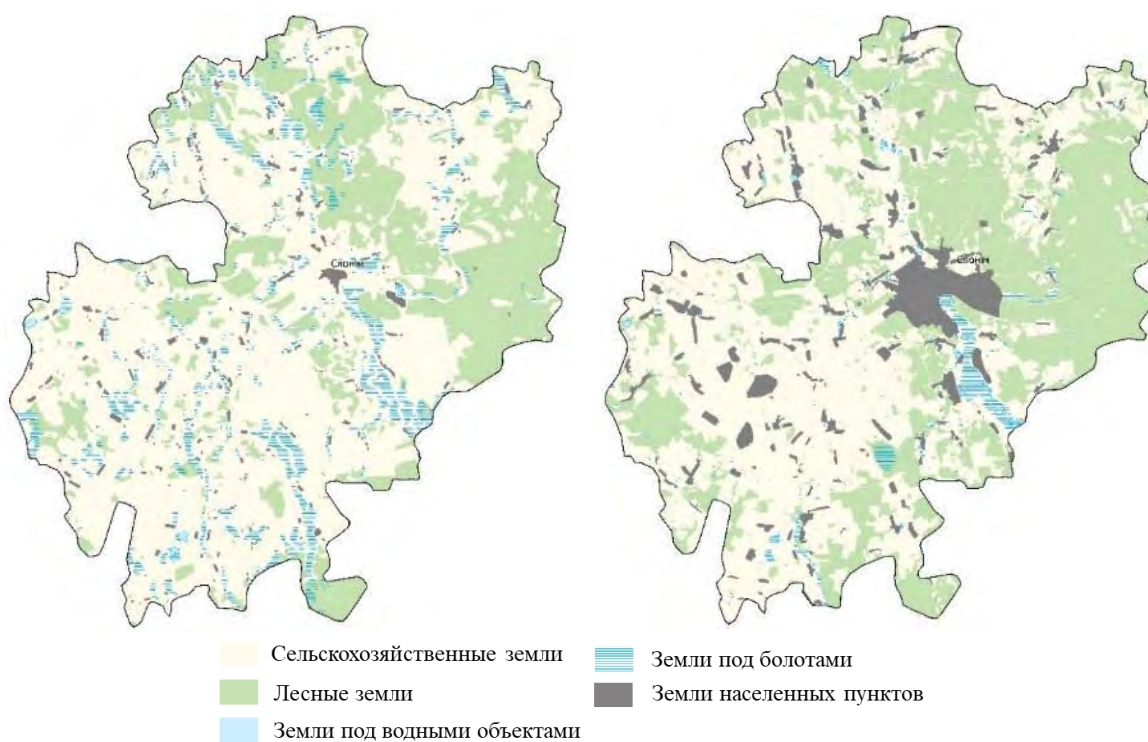


Рис. 6. Картохема распределения видов земель Слонимского района по архивным материалам (слева) и современным данным (справа)

В Браславском (рис. 1) Миорском (рис. 2) районах наиболее сильные изменения произошли в сторону увеличения доли лесных земель, земель населенных пунктов и уменьшения доли земель под болотами и сельскохозяйственными землями.

В Городокском районе (рис. 3) даже визуально заметно изменение в системе расселения населения, а именно ликвидация хуторского типа расселения и развитие более крупных населенных пунктов. Также произошло увеличение доли лесных земель и уменьшение доли земель под болотами и сельскохозяйственными землями.

В Воложинском (рис. 4) и Пинском (рис. 5) районах за исследуемый период значительно уменьшилась доля земель под болотами. Также отмечен небольшой рост лесных земель. Для Пинского района характерен существенный рост земель населенных пунктов.

Слонимский район (рис. 6) характеризуется увеличением доли лесных земель, сильным увеличением доли населенных пунктов и уменьшением доли земель под болотами и сельскохозяйственных земель.

Земли под водными объектами не были рассмотрены для сравнения так как их доля слишком мала, либо не подверглась значимым изменениям.

Таким образом, для всех исследуемых районов характерно уменьшение доли земель под болотами, что объясняется проведением мелиоративных работ на всей территории республики. Увеличение доли земель населенных пунктов связано с изменением структуры хозяйственной деятельности страны. За рассматриваемый период произошло уменьшение доли сельскохозяйственных земель в сторону увеличения лесных земель за счет развития городской системы и ликвидации хуторского типа расселения.

Данная работа будет продолжена и дополнена картографированием промежуточных данных с последующим анализом эволюции структуры землепользования.

Библиографические ссылки

1. Данные OpenStreetMap для региона Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://download.geofabrik.de/europe/belarus.html> (дата обращения: 10.11.2023).
2. Топографическая военная карта РККА 2 км [Электронный ресурс]. URL: <https://orda.of.by/.map> (дата обращения: 10.11.2023).
3. Европейская конвенция о ландшафтах и пояснительный доклад, Страсбург, 2000 [Электронный ресурс]. URL: <https://rm.coe.int/16802f3fb9> (дата обращения: 11.11.2023).

ГИС-АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УРБОЛАНДШАФТОВ Г. ЖАБИНКИ

И. В. Метлицкий, А. Л. Киндеев

*Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская, 16,
220006, г. Минск, Беларусь*

Проведена оценка экологического состояния урболандшафтов (УЛ) г. Жабинки. В рамках проведения экологической оценки выделены УЛ г. Жабинки, построена картограмма кислотности почв, проведен анализ теплового загрязнения УЛ г. Жабинки с использованием снимков Landsat 8, установлены зоны теплового загрязнения, выявлены причины их возникновения. Подтверждена возможность формирования острова тепла в малых городах Беларуси, установлены связи между пространственным распределением кислотности почвы и степенью антропогенной нагрузки на урболандшафты.

Ключевые слова: урболандшафт, кислотность, остров тепла, экологическая оценка.

GIS-ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL STATE OF ZHABINKA URBOLANDSCAPES

I. V. Metlitskyi, A. L. Kindeev

Belarusian State University, Leningradskaya street, 16, 220006, Minsk, Belarus

An assessment of the ecological state of urban landscapes (UL) in the city of Zhabinki was carried out. As part of the environmental assessment, the ULs of the city of Zhabinki were identified, a cartogram of soil acidity was constructed, an analysis of thermal pollution of the ULs of the city of Zhabinki was carried out using Landsat 8 images, zones of thermal pollution were identified, and the causes of their occurrence were identified. The possibility of the formation of a heat island in small towns of Belarus has been confirmed, and connections have been established between the spatial distribution of soil acidity and the degree of anthropogenic load on urban landscapes.

Keywords: urban landscape, acidity, heat island, environmental assessment.

Урболандшафт – это городской ландшафт, сформировавшийся в результате градостроительного преобразования территории, характеризующийся однородной природной основой и определенным типом градостроительного использования [1]. Он включает в себе природную и антропогенную составляющие (особенности застройки и функциональное назначение территории).

Об уровне техногенной нагрузки на урболандшафты в первую очередь можно судить по степени загрязнения депонирующих сред, в частности

почв, однако данные о состоянии почв городов весьма ограничены. В настоящее время имеется информация о состоянии почв Минска, Светлогорска, Гомеля, Гродно, Мозыря, Березовки, Новополоцка и городов, включенных в перечень объектов Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (НСМОС), в которых осуществляется наблюдение за химическим загрязнением городских почв. При этом в ряде быстрорастущих малых населённых пунктов мониторинг не ведется. Главной причиной отсутствия данной информации о других городах Беларуси является масштабность и дороговизна подобных исследований, а также отсутствие в нужном количестве необходимого оборудования.

В таком случае возможна оценка состояния УЛ на основании отклонения ожидаемой средней кислотности почв от действительной. Зависимость pH_{KCl} от наличия в почве таких загрязнений, как соединений тяжелых металлов и нефтепродуктов, представляет собой комплексный вопрос из-за большого количества действующих факторов. В тоже время, для большинства городов их поступление в почву связано с попаданием в почву строительного и бытового мусора, золы от сгорания топлива или выбросов промышленных предприятий, пыли с автомагистралей, разбрасыванием калийных солей на тротуары и дороги города в зимний период и т. п., что, в свою очередь, существенно влияет на изменение реакции городских почв в сторону подщелачивания [2, 3, 4, 5].

Выделение и картографирование урболандшафтов выполнены в программном пакете QGIS на основе карты геологических отложений и схемы функционального зонирования города. При выделении также учитывались исторические особенности формирования города и влияние урбанизированных – железной и автомобильных дорог и природных осей – рек Мухавец и Жабинка.

Для оценки теплового загрязнения проведено изучение теплового излучения поверхности УЛ в программном пакете QGIS (плагин Land Surface Temperature) с использованием снимков Landsat 8 [6]. Для оценки теплового загрязнения использовалась методика, использованная при аналогичных работах по г. Орше и Пинску [7]. В ходе выполнения расчетов использованы красный и ближний инфракрасный каналы съемочной аппаратуры Operational Land Imager и дальний инфракрасный спектральный канал съемочной аппаратуры Thermal Infrared Sensor. В результате выполнения расчетов получены растровые изображения температуры земной поверхности с выходным пространственным разрешением 30 м.

Загрязнение почв оценивалось через кислотность (pH_{KCl}). Были отобраны 72 почвенные пробы на территории г. Жабинка, преимущественно супесчаного гранулометрического состава. Пробы отбирались с помощью

закладки прикопок с глубиной 10-20 см. на основании схемы функционального зонирования города в количестве, пропорциональном размеру функциональной зоны, со сгущением в зонах более интенсивного техногенного воздействия (не менее одной пробы на одну зону).

Анализ обменной кислотности почв производился на рН-метре рН-150М с помощью солевой вытяжки, перед чем, почва высушивалась и просеивалась через сито. Проводилась проверка на содержание карбонатов в почве с помощью 10 % раствора HCl.

В соответствии с классификацией, ранее использованной для Пинска, Жодино и др. городов, была выполнена карта города, на которой выделено 15 видов урболандшафтов, объединенных в 7 групп (рис. 1).

В результате анализа выделенных УЛ было установлено, что УЛ Жабинки характеризуются высокой однородностью, в первую очередь из-за полного доминирования частного сектора в структуре городского жилья. Производственные предприятия и их санитарные зоны локализованы в северной и юго-западной частях города вдоль железной дороги, которая делит город на 2 части: южную - жилую и северную - промышленную. Данная дифференциация является благоприятным фактором для формирования в южной части города природно-урбанизированной планировочной схемы с природной осью в виде реки Мухавец.

Для исследования тепловых рисков были выбраны снимки самого холодного и самого теплого месяца (19 января и 14 июля 2021 года соответственно). Снимки сделаны в обоих случаях в 09:19 GMT. Средняя температура воздуха в январе составляет -3°C , в июле столбик термометра в среднем поднимается до 20.6°C [6]. По данным наблюдений на метеорологической станции Жабинки температура на время 12:00 GMT 14.07 составляла 33°C , 19.01 – -11°C [9].

Водные объекты, несмотря на выраженную тепловую аномалию в зимний период, оказывает благоприятное воздействие на окружающие УЛ, оказывая демпферное воздействие на амплитуду летних и зимних температур (рис. 2, 3).

Средняя кислотность (pH_{KCl}) (рис. 4) городских почв Жабинки составляет 7,00, что на порядок превышает обычную кислотность (5,50-6,00), характерную для антропогеннопреобразованных сельскохозяйственных белорусских почв. Данное обстоятельство позволяет говорить об изменении химических свойств почв (подщелачивании) в результате техногенной нагрузки, вызванной внесением в почву полиэлементных загрязнителей.

Закономерность повышения среднего pH_{KCl} в зависимости от степени антропогенной нагрузки проявляется также в распределении значений в зависимости от функционального назначения территории.

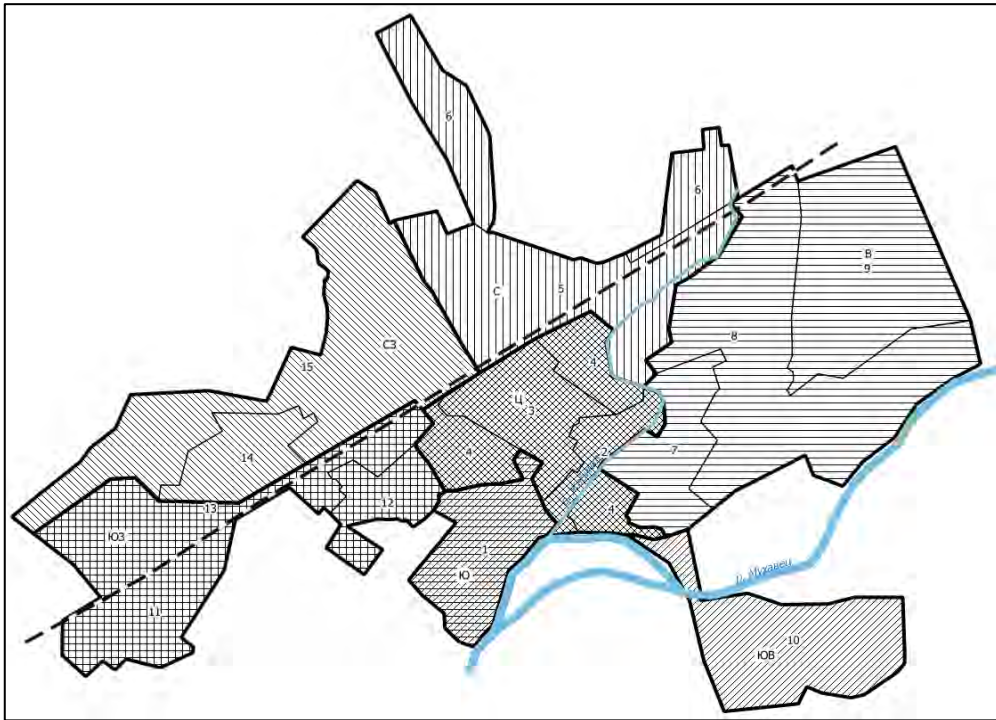


Рис. 1. Урболандшафты г. Жабинки

- Прим*. I. Группа видов Ю – Южные на пресноводных известковых отложениях:
1. Промышленные, производственные и складские территории.
- II. Группа видов Ц – Центральные на пресноводных известковых отложениях:
2. Парки и открытые озелененные территории.
 3. Общественная застройка общегородского центра, торгового, учебного, спортивного, культурного, административного назначения и жилищная многоквартирная и усадебная застройка городского типа.
 4. Жилищная усадебная застройка городского типа и общественная застройка торгового типа.
- III. Группа видов С – Северные на водно-ледниковой равнине:
5. Промышленные, производственные и складские территории.
 6. Жилищная усадебная застройка сельского типа
- IV. Группа видов В – восточные на водно-ледниковой равнине:
7. Жилищная многоквартирная и общественная застройка учебного, торгового и медицинского назначения.
 8. Жилищная усадебная застройка городского и сельского типа, массивы лесной растительности и открытые озелененные территории.
 9. Леса, дачные территории садовых товариществ.
- V. Группа видов ЮВ – Юго-восточные на водно-ледниковой равнине и аллювиальных отложениях реки Мухавец:
10. Жилищная усадебная застройка городского и сельского типа.
- VI. Группа видов ЮЗ – Юго-западные на водно-ледниковой равнине:
11. Жилищная усадебная застройка сельского и городского типа.
 12. Жилищная усадебная застройка городского типа.
 13. Промышленные, производственные и складские территории.
- VII. Группа видов СЗ – Северо-западные на водно-ледниковой равнине:

14. Жилая многоквартирная и общественная застройка учебного, торгового и культурного назначения, лесопарки и открытые озелененные территории.

15. Жилая усадебная застройка городского типа, дачные территории садовых товариществ.

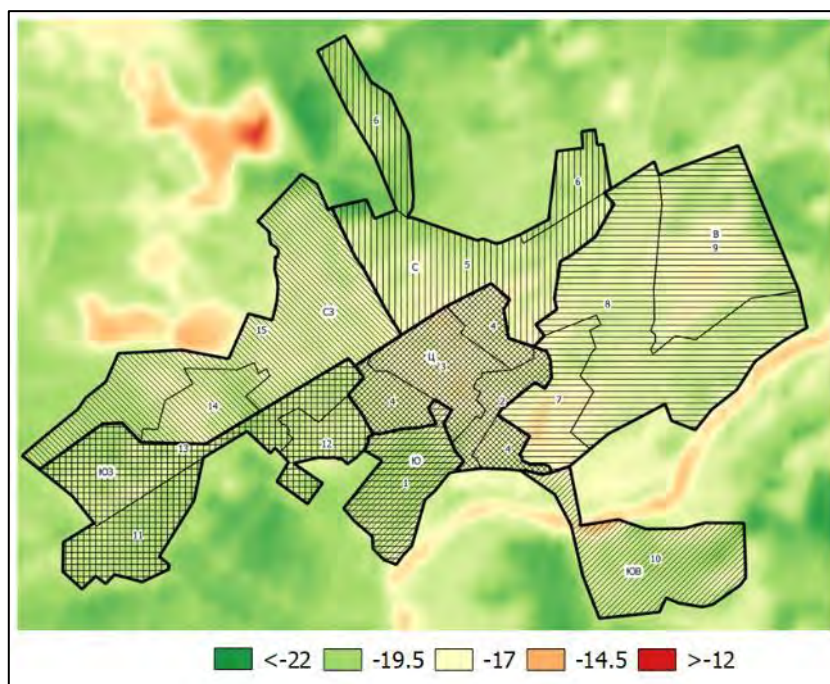


Рис. 2. Температура поверхности урболандшафтов Жабинки в июле, °С

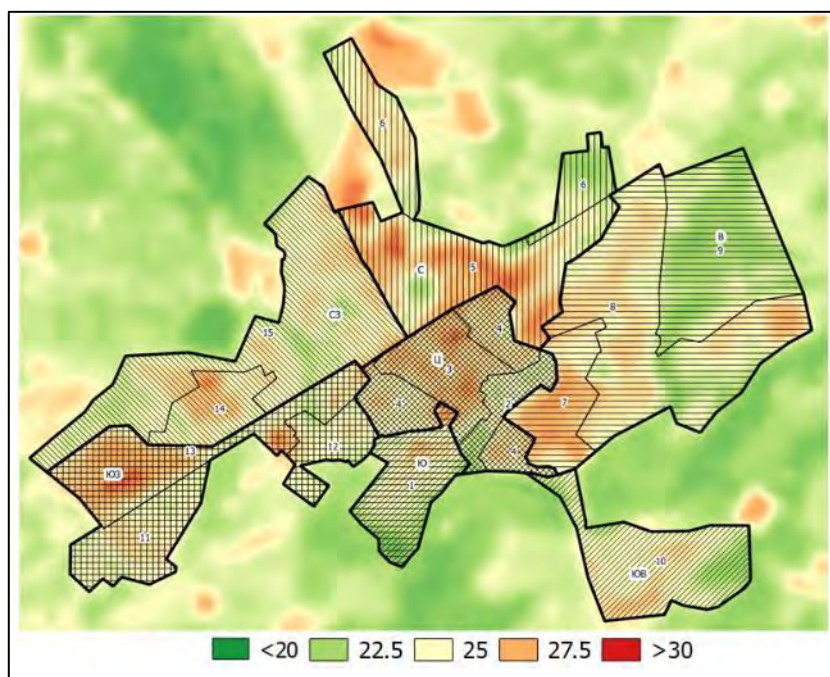


Рис. 3. Температура поверхности урболандшафтов Жабинки в феврале, °С

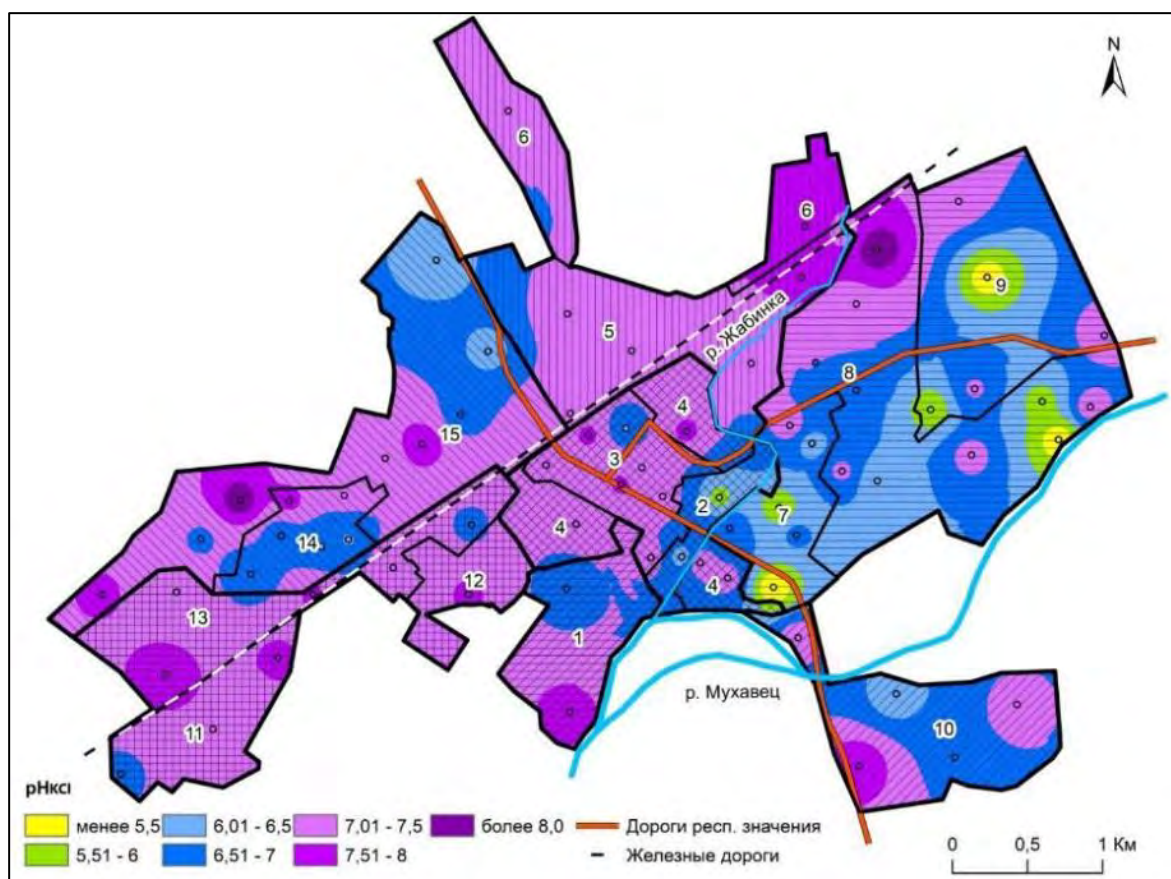


Рис. 4. Картограмма кислотности почв урболандшафтов г. Жабинки
(цифрами обозначены виды УЛ)

Существует прямая зависимость между характерной для определенной функциональной зоны степенью техногенного воздействия на почвы и значениями pH_{KCl} (табл. 1).

Таблица 1

Кислотность функциональных зон (pH_{KCl})

Функциональные зоны	Среднее	σ	Макс	Мин	Коэффициент вариации
Зоны транспортной, инженерной инфраструктуры	7,28	0,22	7,81	6,61	0,03
Производственные зоны	7,23	0,24	7,75	6,32	0,03
Иные территориальные зоны	7,19	0,31	7,80	6,20	0,04
Жилые зоны усадебной застройки	7,01	0,43	8,55	5,19	0,06
Общественно-деловые зоны	6,81	0,60	7,60	4,90	0,09
Зоны специального назначения	6,63	0,61	7,33	5,80	0,09
Жилые зоны многоэтажной застройки	6,60	0,44	7,47	5,36	0,07
Рекреационные зоны	6,59	0,42	7,85	5,20	0,06

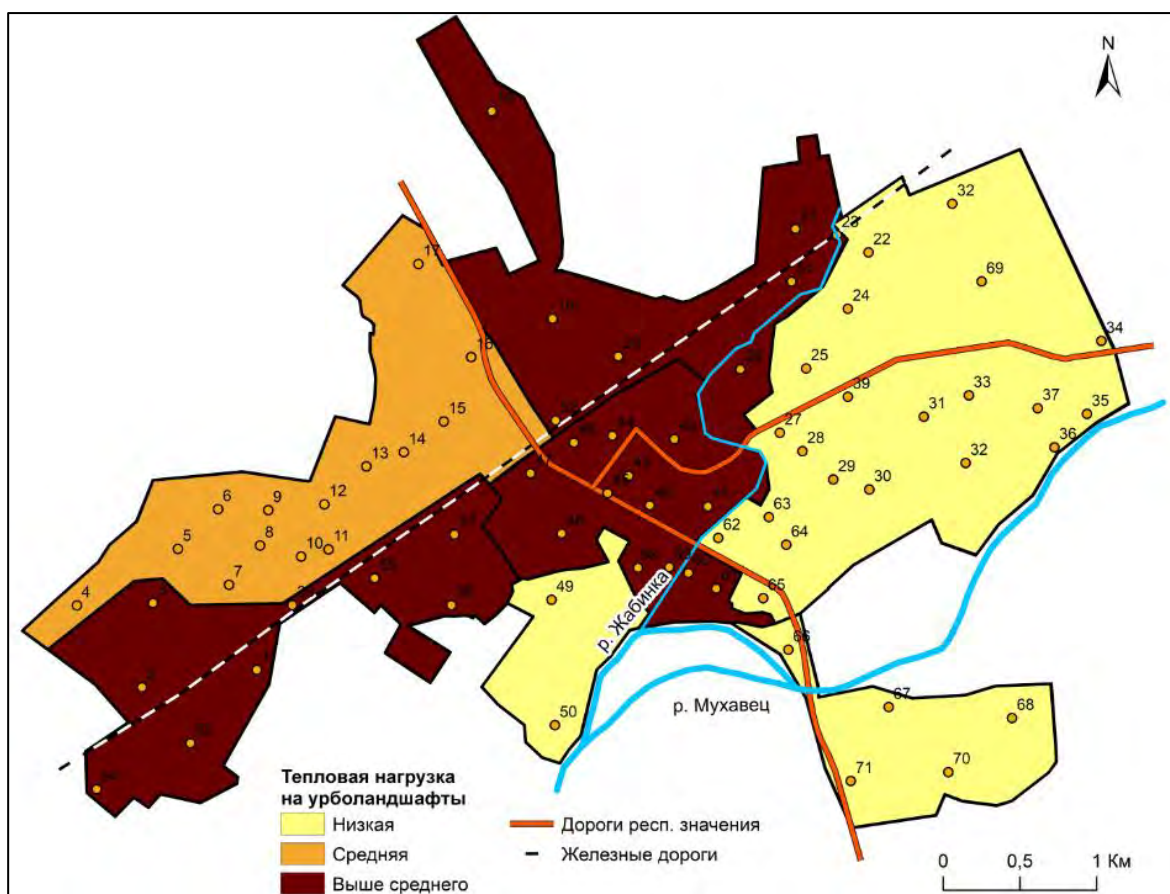


Рис. 5. Степень антропогенной тепловой нагрузки на урболандшафты г. Жабинки

В границах групп урболандшафтов Жабинки выделены 3 типа тепловых рисков на основе превышения средней температуры поверхности над комфортным для человека уровнем – около 23 °С (рис. 5).

Самая высокая степень антропогенной тепловой нагрузки (24,4-25,0 °С) наблюдается в границах юго-западной, северной и центральной групп (40 % площади города). Средний уровень тепловой нагрузки (25-25,5 °С) отмечен для группы северо-западных УЛ (18 % площади города). Низкий уровень тепловой нагрузки (более 25,5 °С) отмечен для групп северо-западных, южных и восточных УЛ (42 % площади города).

Оценка антропогенной геохимической нагрузки была проведена на основе карты урболандшафтов с использованием карты континуального распределения кислотности. Ранжирование типов риска выполнено с учетом отклонения показателя рНКС1 от значения 7.00, соответствующего нейтральной кислотности среды и средней кислотности урболандшафтов Жабинки (рис. 6).

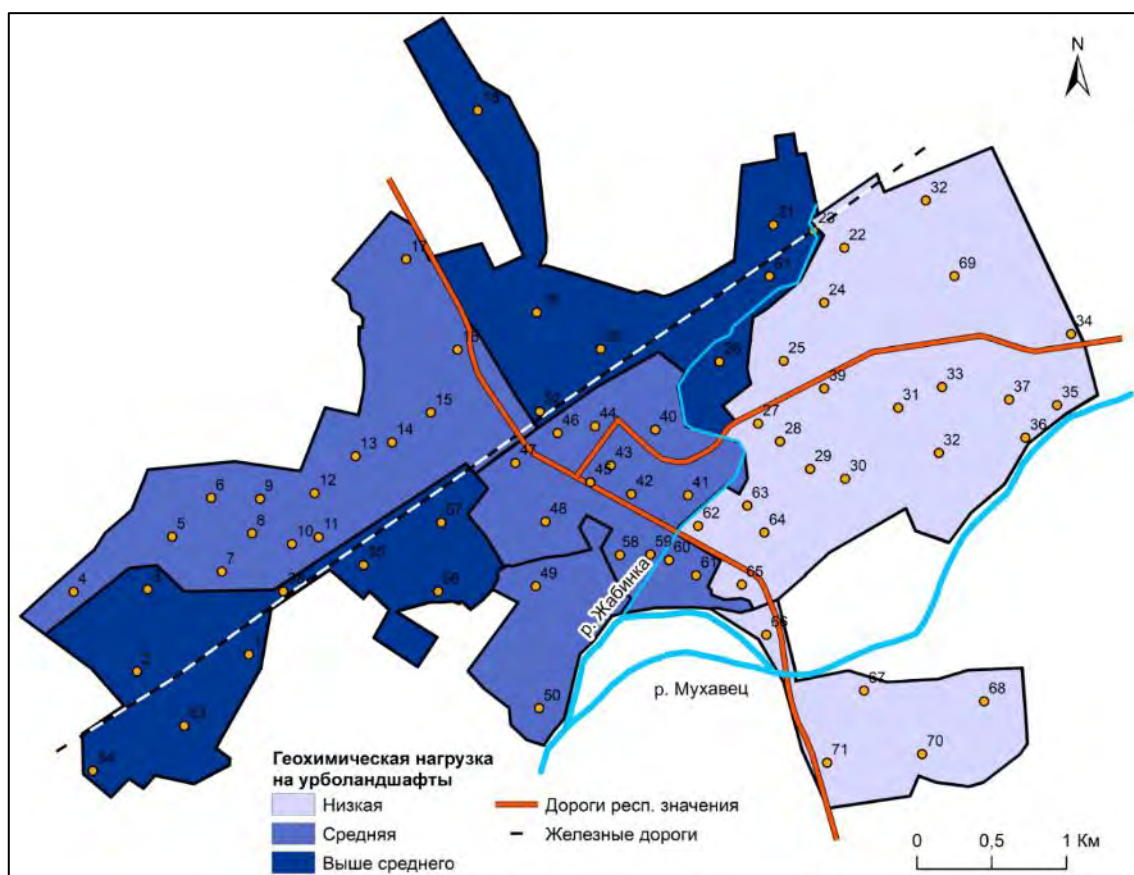


Рис. 6. Степень антропогенной геохимической нагрузки на урболандшафты г. Жабинки

Самая высокая степень антропогенной геохимической нагрузки (pH_{KCl} 7,2-7,34) выявлена в группах северных и юго-западных УЛ (29 % площади города). В пределах этих территорий сосредоточено до 90 % производственных и коммунально-складских объектов города, главный тип жилой застройки – сельская усадебная, есть объекты транспортной инфраструктуры, главным из которых является ось железной дороги. Средняя степень нагрузки (pH_{KCl} 7,0 -7,2) характерна для 34 % территории города и сформировалась в группах центральных, северо-западных и южных УЛ, где господствует усадебная застройка городского типа, есть кластеры жилой многоквартирной, общественной застройки и парково-рекреационные зоны. Низкой степенью нагрузки (pH_{KCl} меньше 7,0) отличаются группы восточных и юго-восточных УЛ (37 % площади города), для которых характерны большие массивы зеленых насаждений, усадебной застройки сельского и городского типа, дачных территорий и новой многоквартирной застройки.

Экологическая обстановка города оценена как благоприятная и соответствует концепции развития города с природно-урбанизированной планировочной структурой. Результаты исследования могут использоваться

для дальнейшего анализа экологического состояния города, разработки и улучшения существующих градостроительных планов.

Библиографические ссылки

1. *Фалолеева М. А.* Пространственная структура городских ландшафтов и оценка их экологического потенциала (на примере г. Минска) / Автореф. канд. геогр. наук спец. 25.00.23. Минск, 2004.
2. *Чугай, Н. В., Шубина Е. Ю.* Кислотность почв как индикатор экологического состояния городской территории // Биологический круговорот питательных веществ при использовании удобрений и биоресурсов в системах земледелия различной интенсификации. Суздаль-Иваново : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Верхневолжский федеральный аграрный научный центр"; ПресСто, 2021. С. 220-222.
3. *Середа Л. О., Яблонских Л. А., Куропан С. А.* Мониторинг эколого-геохимического состояния почвенного покрова города Воронежа // Природные системы и ресурсы. 2015. № 2 (12). С. 66-71.
4. Совокупное влияние тяжелых металлов и нитратного азота на изменение кислотности грунтов урбанизированной территории / Ж. Ю. Кочетова [и др.] // Успехи современного естествознания. 2020. № 12. С. 104-109.
5. *Мутякова И. И., Иванова Р. Р., Терентьев Д. В.* Оценка экологического состояния почв г. Йошкар-Олы // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2020. № 1 (45). С. 75-87.
6. *Isaya Ndossi M., Avdan U.* Application of Open Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: A PyQGIS Plugin. Remote Sens. 2016. № 8. P. 413.
7. Формирование и оценка экологических рисков урболандшафтов в промышленных городах Беларуси / Г. И. Марцинкевич [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2021. № 2. С. 45–62.
8. Дневник погоды в Жабинке. Gismeteo [Электронный ресурс]. URL: https://global-weather.ru/archive/zhabinka_brestskaya_oblast/ (дата обращения: 10.04.2023).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕЭФФЕКТИВНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ В СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ ВИТЕБСКОГО РАЙОНА

С. С. Михайлов¹⁾, Д. А. Чиж²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030,
Беларусь, email: sergiomichailov@tut.by

²⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030,
Беларусь, email: chyzh@yandex.by

В статье описан пример использования географических информационных систем в сочетании с данными Государственного Земельного Кадастра Республики Беларусь для определения нерационального используемых земельных участков в приусадебном фонде в сельских населенных пунктах Витебского района. Использование интеграции между ГИС и ГЗК РБ позволяет улучшить инвестиционную привлекательность территорий и более эффективно управлять земельными ресурсами в Республики Беларусь.

Ключевые слова: географические информационные системы (ГИС), Государственный Земельный Кадастр Республики Беларусь (ГЗК РБ), единый государственный регистр недвижимого имущества (ЕГРНИ).

DETERMINATION OF UNEFFICIENTLY USED LAND PLOTS IN RURAL SETTLEMENTS OF THE VITEBSK DISTRICT

S. S. Mikhailov¹⁾, D. A. Chizh²⁾

¹⁾ Belarusian State University, Nezavisimosti Ave., 4, 2203030, Belarus,
email: sergiomichailov@tut.by

²⁾ Belarusian State University, Nezavisimosti Ave., 4, 2203030, Belarus,
email: chyzh@yandex.by

The article describes an example of using geographic information systems in combination with the data of the State Land Cadastre of the Republic of Belarus to determine the irrational use of land in the household fund in rural areas of the Vitebsk region. The use of integration between the GIS and the SLC RB improves the investment attractiveness of the territories and more effectively manages land resources in the Republic of Belarus.

Keywords: geographic information systems (GIS), State Land Cadastre of the Republic of Belarus (SLC RB), unified state register of real estate (USRRE).

В последнее время географические информационные системы (ГИС) стали очень популярным видом информационных систем. ГИС обеспечивают сбор, хранение, анализ, обработку, доступ, отображение и распространение данных с пространственной координатной привязкой. Приме-

нение ГИС быстро расширяется и охватывает множество отраслей человеческой жизнедеятельности, таких как землеустройство, кадастры, картографию, логистику и другие. [1].

Данное исследование направлено на выявление неэффективно используемых земельных участков жилого усадебного фонда с развитой инженерной инфраструктурой в сельских населенных пунктах Витебского района, с применением ГИС технологий и данных ГЗК РБ.

На первом этапе проекта, был произведен сбор исходной информации, включая геопространственные слои земельных участков из (ЕГРНИ) и актуальные границы сельских населенных пунктов Витебского района из данных единого реестра административно-территориальных и территориальных единиц Республики Беларусь (АТЕ и ТЕ) [2]. Кроме этого, были получены актуальные данные о месте нахождения инженерных коммуникаций в сельских населенных пунктах, таких как водоснабжение, канализация, газ и тепло, на основе сведений Витебского районного и областного исполнительных комитетов.

В результате, было обнаружено 16676 участков в сельских населенных пунктах Витебского района. Участки являются целевыми и предназначены для строительства усадебных объектов, включая жилые дома и объекты обслуживания (рис. 1).

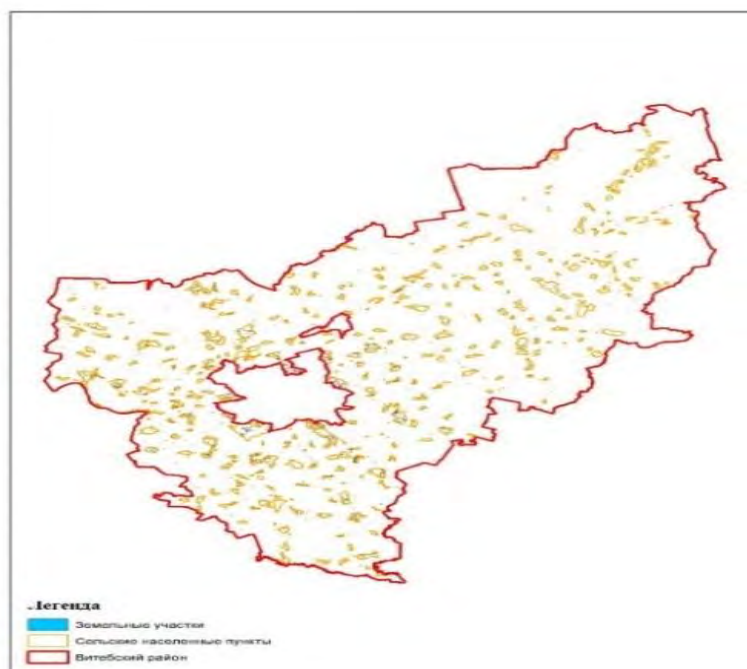


Рис. 1. Целевые земельные участки, предназначенные для строительства усадебных объектов, включая жилые дома и объекты обслуживания

На втором этапе был произведен отбор земельных участков, которые принадлежат юридическим лицам Республики Беларусь, частным физическим и иностранным гражданам, а также участки, которые находятся в собственности Республики Беларусь. Затем выборка сокращалась, исключая земельные участки, по которым отсутствовала информация о капитальных строениях, а также те, чьи владельцы нарушали Указ Президента Республики Беларусь от 07.02.2006 г., №72 «О мерах по государственному регулированию отношений при размещении и организации строительства жилых домов, объектов инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры» [3]. В итоге было выявлено 1746 земельных участков.

Далее анализировалось наличие или возможность подключения к инженерным коммуникациям (водоснабжение, канализация, газоснабжение, теплоснабжение).

В процессе чего были выявлены 794 участка, имеющих доступ к теплоснабжению; 856 участков, имеющих доступ к водоснабжению; 95 участков, имеющих доступ к канализации; 61 участок, имеющих доступ к газоснабжению (рис. 2-3).

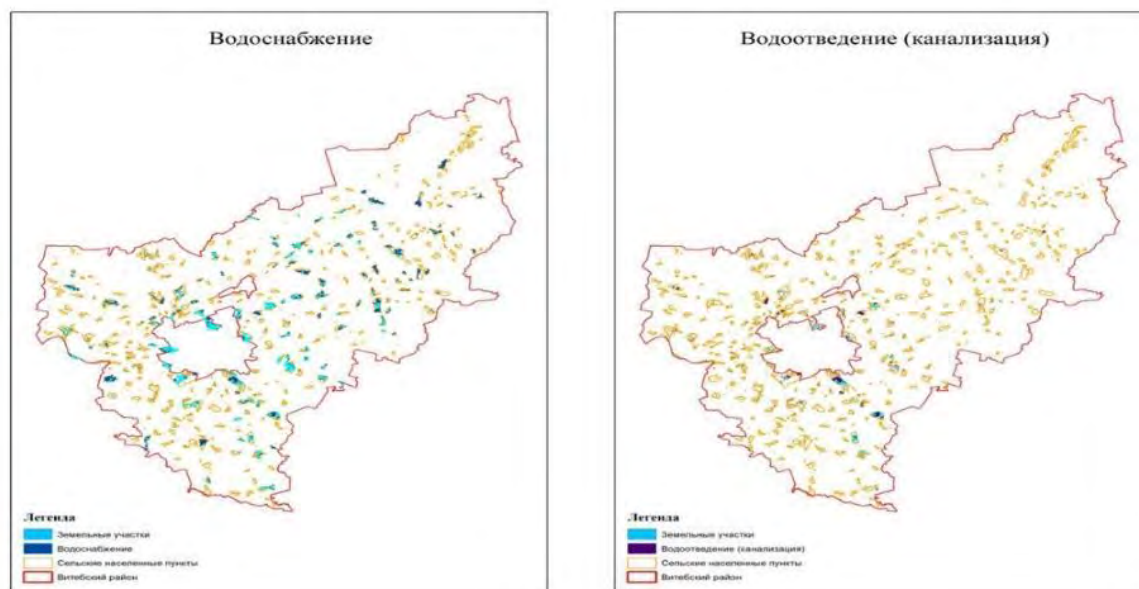


Рис. 2. Земельные участки с доступом к инженерным коммуникациям (водоснабжение, канализация)

В результате было определено, что 40 земельный участок из 1746, имеет доступ или возможность подключения, ко всем вышеизложенным инженерным коммуникациям.

После проведенных исследований выявлено, что в Витебском районе 40 земельных участков, расположенных в сельских населенных пунктах,

имеют значительный потенциал для инвестирования, несмотря на их неэффективное использование. Эти участки обладают развитой инженерной инфраструктурой.

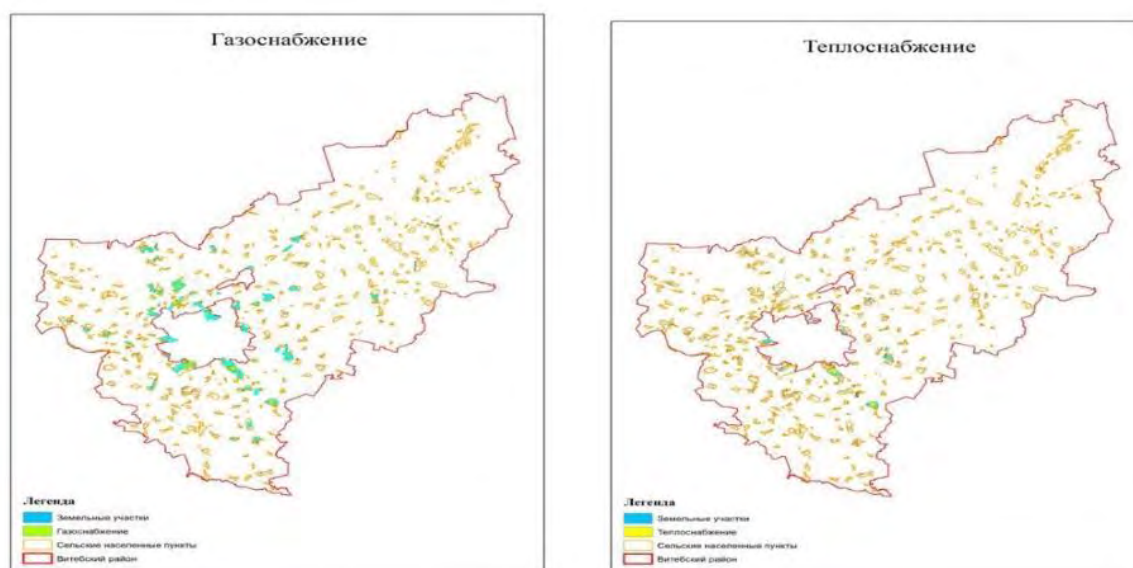


Рис. 3. Земельные участки с доступом к инженерным коммуникациям (газоснабжение, теплоснабжение).

Таким образом, совместное использование географических информационных систем и ГЗК РБ, позволяет определить земельные участки, которые используются неэффективно и улучшить их реализацию. Это способствует повышению привлекательности инвестиций в земельные ресурсы Республики Беларусь [3].

Библиографические ссылки

1. Чиж Д. А., Клебанович Н. В. Землеустройство: учеб. пособие. Минск: БГУ, 2011. 208 с.
2. Клебанович Н. В. Методы обследований земель: учеб. пособие. Минск: БГУ, 2011. 208 с.
3. Клебанович Н. В. Земельный кадастр: учебное пособие. Минск: БГУ, 2006.

ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ В QGIS – QFIELD И MERGIN MAPS

К. Н. Могилевчик

Могилевский государственный университет им. А.А. Кулешова, ул. Космонавтов, 1, 21200, г. Могилев, Беларусь, kirillgts@yandex.ru

В статье рассматривается проблема сбора данных в свободной ГИС QGIS и ее решении средствами программных продуктов Qfield и Mergin Maps.

Ключевые слова: ГИС-технологии; ГИС; Qfield; Mergin Maps; QGIS.

PLATFORMS FOR DATA COLLECTION IN QGIS – QFIELD AND MERGIN MAPS

K. N. Mogilevchik

Mogilev State University named after A.A. Kuleshov, Kosmonavtov str., 1, 21200, Mogilev, Belarus, kirillgts@yandex.ru

The article discusses the problem of data collection in the free GIS QGIS and its solution by means of software products Qfield and Mergin Maps.

Keywords: GIS technologies; GIS; QField; Margin Maps; QGIS.

При изучении широкого спектра географических наук все чаще используются геоинформационные системы, которые позволяют наиболее эффективно и просто обрабатывать полученные данные при проведении различного рода исследований. Разрабатываются, внедряются новые виды и способы использования ГИС-технологий в сферах народного хозяйства, где раньше они не применялись.

Но и сегодня при использовании некоторых геоинформационных систем сталкиваются с проблемами сбора данных как таковыми. Одни проблемы вытекают из-за сложности программных адаптаций ГИС-проектов на мобильные устройства и всевозможные гаджеты, снабженные навигационными модулями. Другие – касаются удобства использования или невозможности их использования.

В свободно распространяемой геоинформационной системе QGIS эта проблема особенно выражена тем, что она изначально не была наделена функциями, которые бы способствовали развитию сбора данных в целом. В их числе отсутствие поддержки как облачных технологий, так и всех возможных мобильных платформ.

Для разрешения проблем со сбором данных в QGIS, можно воспользоваться сторонним программным обеспечением – Qfield for QGIS и Merjin Maps. Оба этих продукта являются коммерческими, а Qfield for QGIS основан с использованием свободных программных компонентов. Приведем обзор данных программных продуктов и сравним их возможности по сбору данных ниже.

Программный продукт Qfield for QGIS швейцарской компании OpenGis.ch состоит из мобильного приложения Qfield для устройств под управлением Android и IOS (см. рис. 1а), а также модульным расширением в QGIS – QField Sync (рис. 1б). Для синхронизации проекта между устройствами и существует облачная версия платформы QfieldCloud, позволяющая синхронизировать изменения проекта в реальном времени и производить контроль за сбором данных в ГИС.

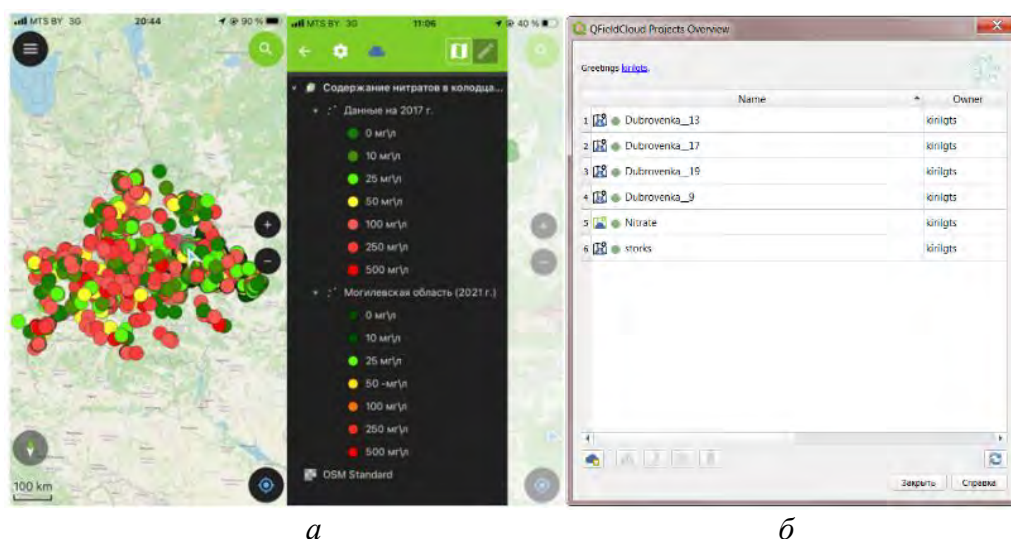


Рис. 1. Программный продукт *Qfield* на: а – мобильном устройстве под управлением *IOS*; б – модульное расширение *QGIS* – *Qfield Sync*

Перечислим основные преимущества программного продукта Qfield:

- Поддержка всех популярных форматов растровых и векторных данных включая Geopackage и ShapeFile.
- Совместимость с проектами, созданными в QGIS.
- Автономная работа без необходимости доступа к Интернет.
- Сохранение копий как на устройствах, так и в облаке.
- Совместное редактирование и работа с проектом.

Также облачная версия продукта позволяет отслеживать произведенные манипуляции с проектом. На рисунке 2 представлен пример сводки всех изменений в проекте [1].

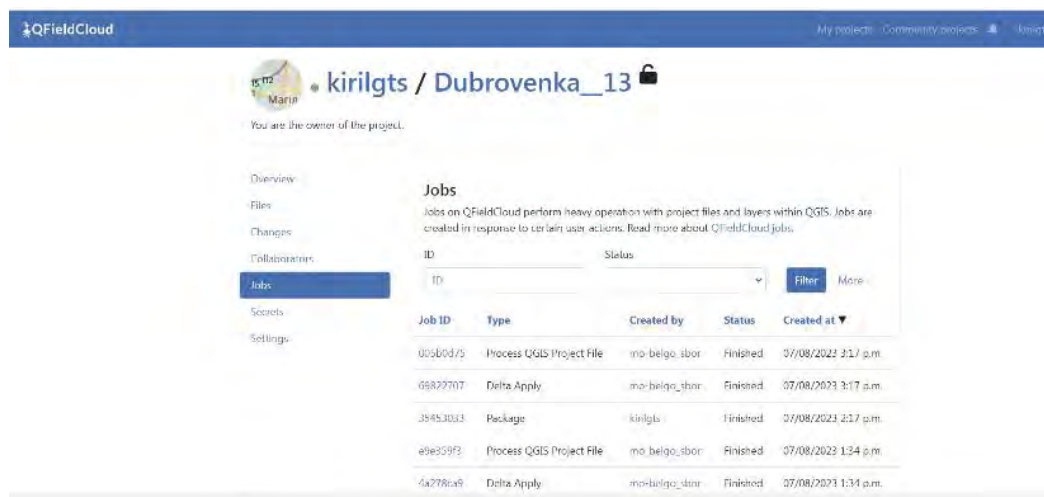


Рис. 2. Вид окна мониторинга активности проекта

Основными же недостатками приложения Qfield является его принцип работы с файлами проектов, т.е. файлы проектов хранятся на системном разделе диска, что затрудняет работу с ним после конвертации существующего проекта, и, если не сделать резервную копию проекта, возможно его повреждение [2].

Иные возможности предлагает программный продукт английской компании Lutra Consulting Limited под названием Mergin Maps. Помимо стандартных возможностей, имеющихся в Qfield, Mergin Maps имеет также некоторые преимущества над ним.

Первое преимущество связано с интуитивно понятным интерфейсом (рис. 3) приложения, который пригоден использования на мобильных телефонах с маленьким разрешением экрана. Кроме этого, программа имеет следующие особенности представлены ниже:

- Хранение и отслеживание изменений ваших геоданных с помощью создания локальных и облачных копий проекта.
- Легкий доступ к проекту с помощью вашего мобильного устройства или планшета благодаря приложению Mergin Maps.
- Настройка и анализ проекта на рабочем столе с помощью QGIS (открывается новое окно) [3].

Для взаимодействия с QGIS используется модуль Mergin Maps, прописывается по умолчанию на панели инструментов и в браузере ГИС (рис. 4). Модуль позволяет производить манипуляции с ГИС-проектом, т. е. его загрузка в Mergin Maps и выгрузка в QGIS готовых данных.

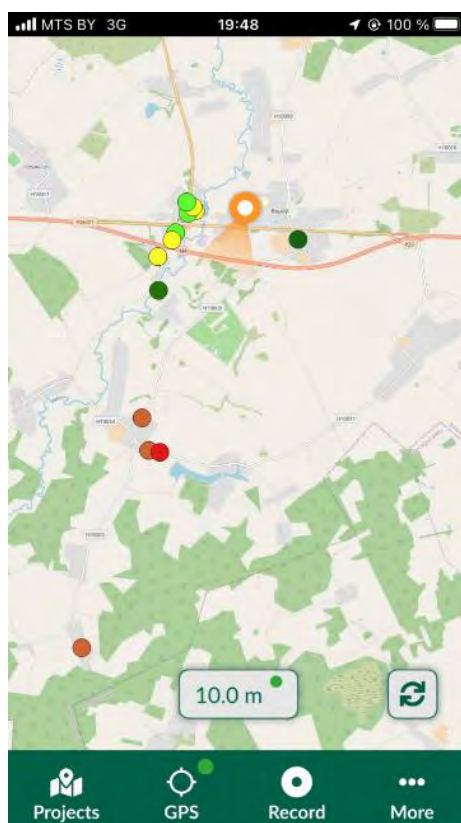


Рис. 3. Вид мобильного приложения Mergin Maps на устройстве IOS

Одним из основных недостатков Mergin Maps является его проприетарность, что также наблюдается и в случае с Qfield, однако, он основан и распространяется по лицензии GNU GPL v2, поэтому его использование предоставляется на безвозмездной основе за исключением облачного сегмента.

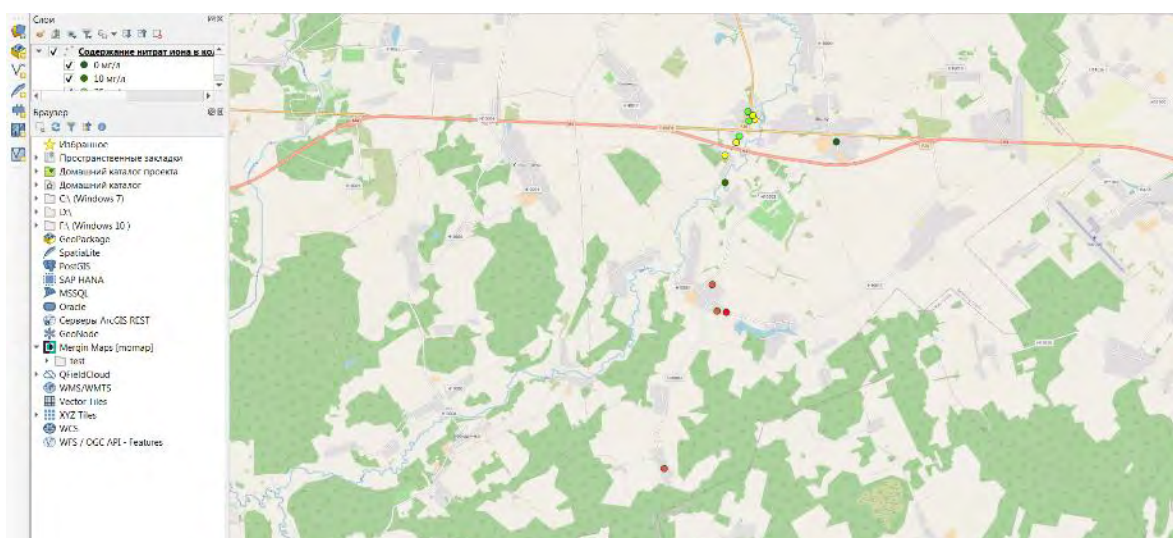


Рис. 4. Работа с проектом посредством модуля Mergin Maps (выгрузка проекта из облака)

Таким образом, программные продукты Qfield и Merjin Maps могут стать довольно неприхотливым и интересным решением, при сборе необходимых статистических, картографических и иных данных для свободной геоинформационной системы QGIS. На практике из них больше выделяется Qfield, как продукт, сочетающий в себе как широкую совместимость проектов, так и работа с данными без доступа к интернету.

Библиографические ссылки

1. Qfield – OsGeo [Электронный ресурс]. URL: <https://www.osgeo.org/projects/qfield/> (дата обращения: 13.10.2023).
2. QField Ecosystem Documentation. Get started with QField and QFieldCloud [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.qfield.org/get-started/> (дата обращения: 14.10.2023).
3. QGIS Project Preparation [Электронный ресурс]. URL: <https://mergin-maps.com/docs/gis/features/> (дата обращения: 13.10.2023).

СОЗДАНИЕ ВЕБ-КАРТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗЫ ДАННЫХ EXCEL (НА ПРИМЕРЕ ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ ЦЕННОСТЕЙ ГОРОДОВ)

К. А. Поливач¹⁾, Е. А. Цибульский²⁾, У. Д. Шилкина³⁾, С. М. Токарчук⁴⁾

¹⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, ksaychik@bk.ru ;

²⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, jahor.cybulski@gmail.com;

³⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, ulyana.shylkina@gmail.com;

⁴⁾ Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, svetlana.m.tokarchuk@mail.ru

В статье представлены возможности создания веб-карт с использованием базы данных Excel. Алгоритм импорта табличной базы данных в ГИС-среду рассмотрен на примере использования Map Viewer облачной платформы картографирования ArcGIS Online. Алгоритм состоит из пяти этапов и рассмотрен на примере картирования историко-культурных ценностей городов Беларуси.

Ключевые слова: ГИС-среда, ArcGIS Online, Картографирование историко-культурных ценностей городов, веб-карты.

CREATING WEB MAP USING EXCEL DATA BASE (USING GIS MAPPING EXAMPLE HISTORICAL AND CULTURAL VALUES OF CITIES)

К. А. Polivach¹⁾, Е. А. Tsibulsky²⁾, U. D. Shilkina³⁾, S. M. Tokarchuk⁴⁾

¹⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, ksaychik@bk.ru;

²⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, jahor.cybulski@gmail.com;

³⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, ulyana.shylkina@gmail.com;

⁴⁾ A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, svetlana.m.tokarchuk@mail.ru

This article describes how to create web maps using the Excel database. The algorithm for importing a table database into a GIS environment is considered using the Map Viewer of the ArcGIS Online cloud mapping platform. The algorithm consists of five stages and is considered on the example of mapping the historical and cultural values of cities of Belarus.

Keywords: GIS environment, ArcGIS Online, Mapping of historical and cultural values of cities, web maps.

В марте 2023 года Национальное кадастровое агентство Республики Беларусь проводило масштабную акцию по сбору пространственной информации о памятниках архитектуры историко-культурных ценностей Беларуси для последующего размещения на Публичной кадастровой карте Республики Беларусь. Проект был приурочен к 25-летию Агентства.

Требованиями к участию в проекте было создание таблицы Excel, представляющей собой картографическую базу данных. Т.е. в данной таблице наряду с основными характеристиками историко-культурных ценностей Беларуси (название, архитектурный стиль, год/век создания, описание), а также территории их размещения (область, район, населенный пункт, сельсовет) размещались два столбца отображающих широту и долготу местонахождения архитектурного объекта (рис. 1).

№	Шифр	Наименование памятника на русском	Область	Район	Сельсовет	Категория населенного пункта	Населенный пункт	Архитектурный стиль	Год/век создания	Описание (краткая историческая справка)	Широта	Долгота
1	113Г000230	Покровская церковь	Брестская	Жабинковский		Город	Жабинка	Неоклассицизм	1885 год	Деревянная Покровская церковь, возведенная в 1885 году в стиле неоклассицизма, расположена между городом и жилим поселком сахарного завода. Накладной резной декор и горизонтальная обшивка, напоминающая руствую, выделяют этот храм из серийных построек так называемого «синопольского» направления в православном зодчестве Беларуси последней трети XIX века. Первые упоминания о храме святого Николая Чудотворца в ж. Озятя относятся к началу XVI века. В начале второй половины XVIII столетия храм пострадал от пожара. Новый храм был построен в другом месте на окраине деревни, возле кладбища в 1764 году. Храм несколько раз перестраивался и увеличивался в размерах. В 1870 году рядом со старым храмом был построен новый храм, а старый был перенесен на старосельское кладбище.	52.195333	23.993144
2	113Г000233	Николаевская церковь	Брестская	Жабинковский	Озятский	Агродорогон	Озяты	Неорусский	1867 год	Покровская церковь, построенная в 1761 г. в XIX веке к храму была пристроена двухъярусная колокольня. Храм, колокольня и ограда — деревянные. У церкви нет алтаря, она входит в основной объем. Роль декора выполняет вертикальная деревянная обшивка. Второй ярус колокольни обшит в «елочку». В храме установлен двухъярусный деревянный резной иконостас. Его «сердцем» являются царские врата, в которых хранится икона «Тайная вечеря».	52.101484	24.137854
3	112Г000235	Покровская церковь	Брестская	Жабинковский	Степанковский	Деревня	Орепичи	Деревянное зодчество	1761 год, середина XIX столетия	Свято-Успенский деревянный храм впервые упоминается 20 сентября 1617 года. В конце XIX века началось строительство нового кирпичного храма, который был освящен 31 мая 1896 года. В 1944 году храм серьезно пострадал от пожара после взрыва немцами колокольни. В 1960 году община прихода была снята с регистрации по причине отсутствия молитвенного помещения. Вновь зарегистрирована была лишь в 1990 году. В 1994 году храм был заново освящен. В 1995 году завершились ремонтно-восстановительные работы.	52.315208	24.002187
4	113Г000236	Свято-Успенская церковь	Брестская	Жабинковский	Ракитинский	Деревня	Бульково	Ретропективно-русский	1896 год (обновлена в 1990 году)		52.123274	23.941872

Рис. 1. Фрагмент картографической базы данных Excel «Архитектурные историко-культурные ценности города Жабинки и Жабинковского района»

Основной целью создания картографической базы данных является возможность ее загрузки на Публичную кадастровую карту Беларуси. В то же время, следует отметить, что подобные алгоритмы (загрузка таблицы Excel в программную среду ГИС) есть в большинстве современных ГИС-оболочек, в том числе на облачных картографических платформах.

Данный способ является достаточно эффективным при создании веб-карты точечного типа с большим количеством атрибутивных сведений, т.к. достаточно часто внести данные в таблицу Excel намного проще, чем в атрибутивную таблицу ГИС. Кроме того, если рассматривать облачные платформы картографирования, то многие из них не имеют функциональных возможностей создания, заполнения и иных способов работы с атри-

бутивной таблицей. Таким образом, выполнение таблицы Excel и ее последующий импорт в ГИС-среду (например, на веб-карту какой-либо платформы картографирования) можно считать весьма удобным способом создания ГИС-проекта, в пределах которого объекты отображены точечным способом.

При работе над созданием базы данных архитектурных историко-культурных ценностей для Публичной кадастровой карты Беларуси был детально проработан алгоритм использования Excel для данного вида работ, а также проанализированы возможности использования Map Viewer облачной платформы картографирования ArcGIS Online для целей уточнения «правильности» внесения координат историко-культурных ценностей в таблицу. Таким образом, на примере выполнения данного проекта была разработана видео-инструкция «Создание веб-карты с использованием базы данных Excel. Map Viewer ArcGIS Online». В то же время, параллельно с работой над созданием таблицы Excel были предложены варианты получения точных координат местоположения картируемых объектов также с использованием Map Viewer ArcGIS Online, что было представлено в видео-инструкции «Определение координат. Map Viewer ArcGIS Online» (таблица).

Видео-инструкции для работы с Map Viewer ArcGIS Online

Название	Url-адрес	QR-код
Создание веб-карты с использованием базы данных Excel. Map Viewer ArcGIS Online	https://youtu.be/J850LVCCjbo	
Определение координат. Map Viewer ArcGIS Online	https://youtu.be/TQMYdbKWi20	

Веб-карта ArcGIS Online – это интерактивное отображение географической информации, размещенное в сети Интернет. Карты можно создавать с использованием слоев данных из сервисов и файлов, в том числе из базы данных Excel. Созданные веб-карты можно открывать в стандартных веб-браузерах, на мобильных устройствах и в настольных вьюерах карт. Их можно предоставлять в общий доступ с помощью ссылок, встраивать в веб-сайты, а также использовать для создания картографических веб-приложений.

Веб-карта, созданная с использованием Map Viewer ArcGIS Online содержит базовую карту, набор слоев данных (многие из которых включают интерактивные всплывающие окна с информацией о данных), экстенд, легенду и инструменты навигации для панорамирования и масштабирования. Таким образом, при создании веб-карты с использованием таблицы Excel исследователь получает возможность не только увидеть местоположения картируемых объектов на карте, но и получить возможность создавать тематические карты на основании работы с редактором легенды и некоторые аналитические карты с использованием простых инструментов агрегирования. Поэтому создаваемый алгоритм (видео-инструкция) включает не только методику выполнения таблицы Excel и ее загрузки в Map Viewer ArcGIS Online, но и элементарные примеры дальнейшей работы с картой.

В целом, видеоинструкция включает пять основных блоков:

1. Создание таблицы Excel.
2. Экспорт таблицы в *.csv-файл.
3. Загрузка таблицы в Map Viewer.
4. Настройка и сохранение карты.
5. Возможности работы с картой.

На первом этапе приводятся требования к создаваемой таблице Excel, а также пример выполненной таблицы (картографическая база данных «Историко-культурные ценности города Бреста») (рис. 2). Особое внимание уделяется требованиям к полям таблицы, которые отображают широту и долготу картографируемого объекта.

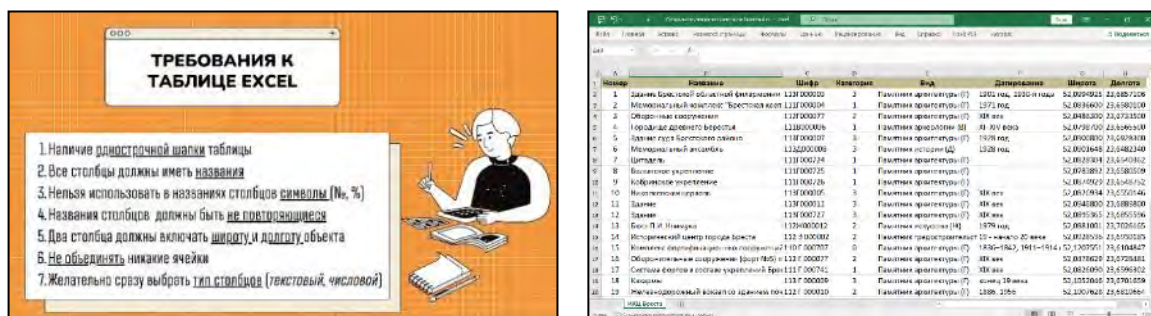


Рис. 2. Фрагменты видео-инструкции первого этапа

На втором этапе рассматривается алгоритм экспорта созданной таблицы Excel в *.csv-файл, который можно загрузить на веб-карту ArcGIS Online.

Третий этап отображает путь загрузки таблицы в Map Viewer. Данный раздел включает не только видео-инструкцию, но и слайды, отображающие особенности настройки полей таблицы Excel при ее загрузке, а также

некоторые проблемные ситуации, которые могут возникнуть на данном этапе и возможные пути их решения (рис. 3).



Рис. 3. Фрагменты видео-инструкции третьего этапа

Четвертый этап показывает алгоритм настройки и работы с созданной веб-картой. В частности, приводятся краткие видео-инструкции по изменению типов символов, названию полей (при необходимости), настройке всплывающего окна, сохранении карты, а также возможностей открыть общий доступ к веб-карте, если необходимо распространять ее в сети Интернет.

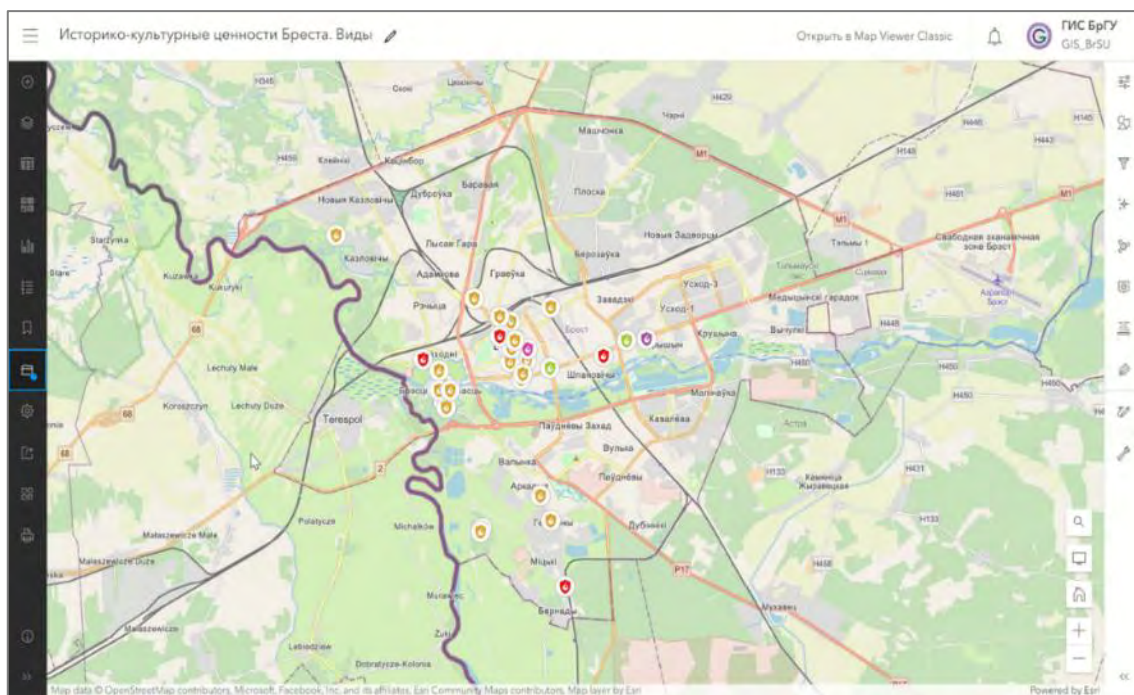


Рис. 4. Веб-карта «Историко-культурные ценности Бреста. Виды», выполненная с использованием редактора легенды (тип легенды «Уникальное значение»)

Пятый этап отображает элементарные возможности дальнейшей работы с созданной веб-карты. Данные возможности связаны с:

1) легендой карты (рис. 4), т.к. созданная веб-карта позволяет использовать все возможные для точечных объектов типы легенды Map Viewer ArcGIS Online; однако следует помнить о типах созданных полей (столбцов) таблицы, т.е. при создании числового поля как текстового в редакторе легенды не будут доступны типы легенды для числовых полей;

2) агрегированием точек, т.к. созданная карта является точечной, в настоящее время в Map Viewer ArcGIS Online имеются две возможности создания агрегированных карт: кластеризация точек (рис. 5) и биннинг.

Созданные таким образом веб-карты можно использовать для реализации других ГИС-проектов, либо для проведения научно-исследовательских и аналитических работ [1, 2, 3, 4].

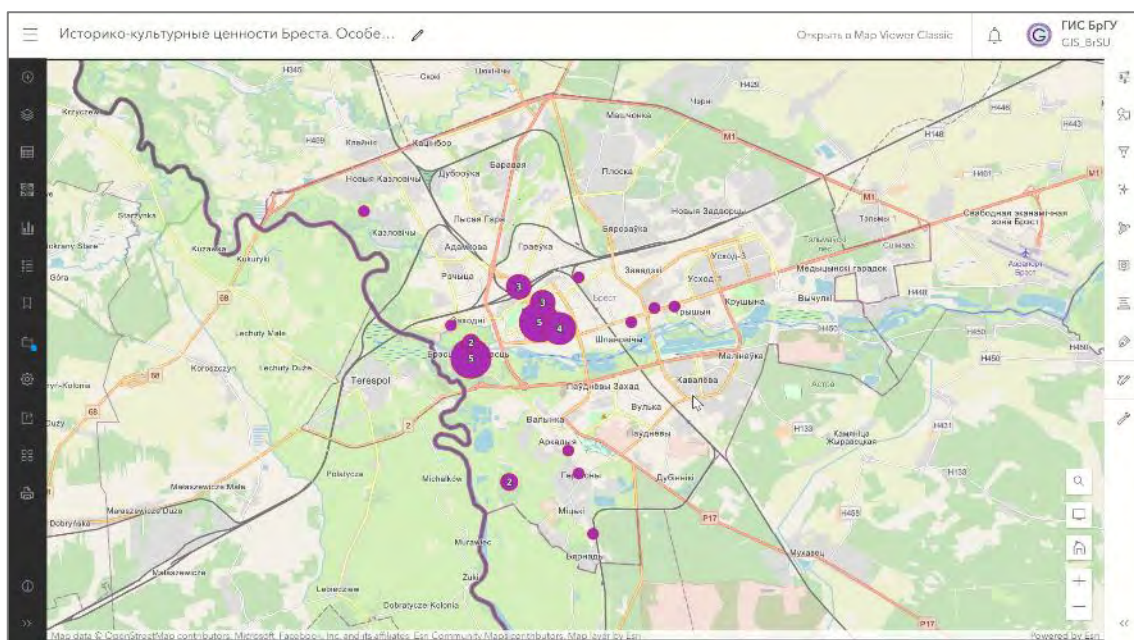


Рис. 5. Веб-карта «Историко-культурные ценности Бреста. Особенности размещения», выполненная с использованием инструмента «Агрегирование» («Агрегирование точек»)

Полученный и представленный в виде видео-инструкции алгоритм работы можно применять для создания самых разных типов веб-карт, которые отображают точечные объекты.

Библиографические ссылки

1. *Палівач К. А., Шылкіна У. Д.* Электронны атлас «Гісторыка-культурныя каштоўнасці горада» / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина; под общ. ред. А. Е. Будько. Брест: БрГУ, 2023. С.36–39.
2. *Токарчук С. М., Поливач К. А.* Инвентаризация историко-культурных ценностей города Гродно для целей развития туризма впечатлений // Вест. Псковск. Гос. Унта. Сер.: Естеств. и физ-мат. науки. 2022. № 4. С. 90–102.

3. Токарчук С. М., Поливач К. А. Картографическое веб-приложение «Архитектурные историко-культурные ценности Гродно» // Перспективы развития туризма в современных условиях: мировые тенденции и региональные контексты: Материалы II Междунар. науч.-практ. конференции, Минск, 28 сентября 2022 г. / редкол. И. Н. Воронович (председатель) [и др.]. Минск : Колорград, 2022. С. 324-329.

4. Цибульский Е. А. Картографическое веб-приложение «Историко-культурные ценности Жабинки» // Индустрия туризма и туристические ресурсы: сб. материалов регион. науч.-практ. конф., Брест, 20 апреля 2023 г. / Брест. гос. ун-т имени А. С. Пушкина; редкол.: С. А. Заруцкий, А. Д. Панько. Брест: БрГУ, 2023. С. 265–268.

ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ВЕРНАКУЛЯРНЫХ РАЙОНОВ Г. ВИТЕБСКА

А. А. Рауш, А. А. Сазонов

*Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская, 16,
220006, г. Минск, Беларусь, email: soilgis.bsu@gmail.com*

В ходе работы был проведён социологический вопрос по определению вернакулярных районов г. Витебска среди его жителей. Результаты опроса были картографированы и проанализированы. Результатом работы выступила карта вернакулярных районов города, показывающая развитость социокультурного пространства в г. Витебске, а также выдвижение предложений по дальнейшему его развитию.

Ключевые слова: вернакулярный район; дифференциация городского пространства; территориальная идентичность; административно-территориальное деление

GIS MAPPING OF VERNACULAR REGIONS OF VITEBSK

A. A. Raush, A. A. Sazonov

*Belarusian State University, str. Leningradskaya, 16, 220006, Minsk, Belarus,
email: soilgis.bsu@gmail.com*

In the course of the work, a sociological question was conducted to determine the vernacular districts of Vitebsk among its residents. The survey results were mapped and analyzed. The result of the work was a map of vernacular districts of the city, showing the development of socio-cultural space in the city of Vitebsk, as well as suggestions for its further development.

Keywords: vernacular district; differentiation of urban space; territorial identity; administrative-territorial division.

В последние десятилетия актуальность изучения внутригородской дифференциации и социальной сегрегации с точки зрения различных научных дисциплин (социологии, экономики, социальной психологии и т. д.) растёт экспоненциально. Данный феномен, несомненно, заслуживает изучения и географами, более того, именно география способна дать комплексное, всестороннее рассмотрение данного вопроса, тем более что он имеет важное практическое значение при формировании городской политики, рынка жилья, инфраструктуры.

Под ментальной дифференциацией городского пространства (ДГП) понимается восприятие городского пространства самими горожанами, то есть в фокусе рассмотрения оказываются не характеристики территории

или людей, проживающих в том или ином районе (реальность), а восприятие жителями города этих характеристик (восприятие реальности).

В данном исследовании используется понятие *вернакулярных районов* – то есть районов, выделяемых самими жителями данной территории. Эти районы объективно существуют в сознании горожан и непосредственно влияют на их поведение (предпочтения для проживания, самоидентификации и т. д.).

В работе предпринята попытка выделить районы города Витебска на основе проведенного в рамках исследования социологического опроса.

Изучение границ вернакулярных районов дает возможность проанализировать пространственную и социокультурную структуру города, выделить его подцентры и определить их функциональные, социальные и средовые особенности. Это знание дает возможность оптимизировать и локализовывать действия по устранению проблем конкретных районов, размещению элементов городской инфраструктуры, работе с территориальными сообществами.

Для начала стоит разобраться с терминологией исследования. *Вернакулярный район (ВР)* – форма пространственной самоорганизации общества, описываемая через изучение пространственных представлений о них. Вернакуляр, как объект, можно описывать как фрагмент городской среды, с которым его жители связывают субъективные смыслы и значения и по отношению к которой сформировано чувство пространственной идентичности. Как предметность пространственного восприятия ВР живёт, пока он существует в сознании горожан, пока он помещается на когнитивной карте города, даже если физически он прекратил свое существование. ВР имеет возможность остаться в предметности топонимики, сохранив лишь свое название, прикрепившееся к городской территории и помогающее ориентироваться в городском пространстве [2].

Территория становится ВР, когда порождает такое сложное социальное явление, как *территориальная идентичность* – солидарность по причине совместного проживания на одной территории (сейчас или в прошлом) и соотнесение себя с этой территорией. Пространственным результатом процессов территориальной самоидентификации и самоорганизации человека являются районы, параметры которых сложились на основе исторического опыта их освоения и пространственной организации. Район в восприятии его засельщиков перестает быть исключительно географической единицей. Он становится ментальным конструктом, маркером-символом, ментальным представлением социума. На этом начинается

строиться отношение человека в пространстве, гармонизируется его жизнедеятельность, а разрушение этого сторонними силами приводит к настоящему кризису идентичности [1].

Для выделения ВР Витебска и их границ было использовано множество источников. Основными источниками информации являлись: созданный автором опрос в сервисе ArcGIS Survey123 [3]; опрос жителей г. Витебска через социальные сети и лично с целью выделения ВР самими респондентами; сайт Викимапия (Wikimapia) [4]; сайт витебской энциклопедии [5] и др.

Для проведения опроса через ArcGIS Survey123 и преодоления ограничения на одну карту в опросе была создана страница-опросник на сайте ФГиГ БГУ. Первые вопросы заключались в определении пола, возраста и образования респондентов. Затем следовали 20 площадных вопросов, в которых опрашиваемые наносили на карту границы запрашиваемых районов. Первые 3 из 20 площадных вопросов являлись вопросами о представлении жителями г. Витебска его трёх административных районов. Следующие 17 площадных вопросов включали в себя 17 наиболее важных и общеизвестных вернакулярных районов г. Витебска, по мнению автора.

По результатам, за две недели опрос прошло 112 человек. Статистика по результатам опроса приведена на рисунках 1-4.

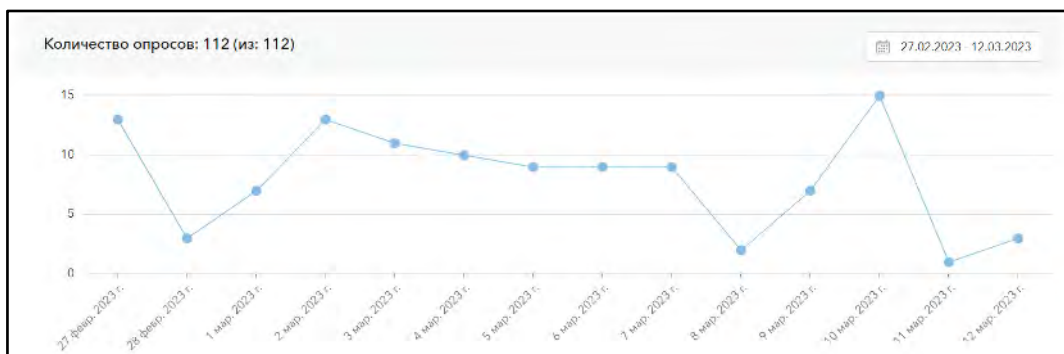


Рис. 1. График прохождения опроса респондентами

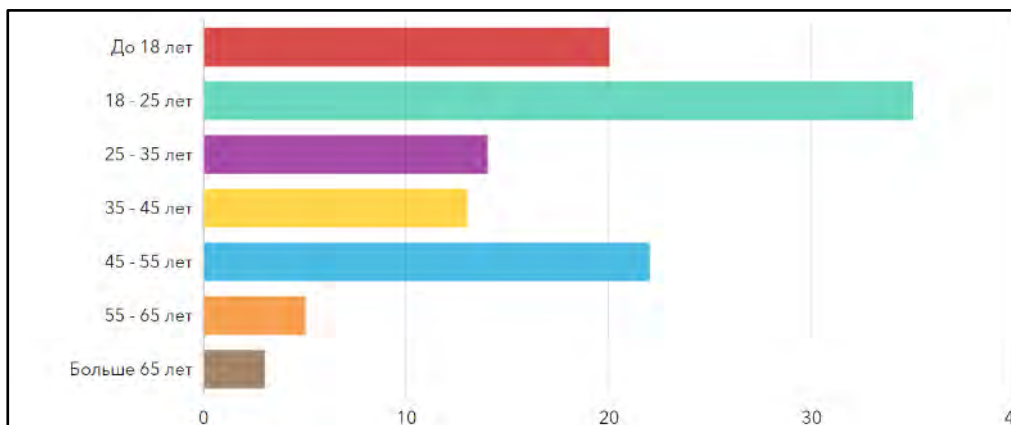


Рис. 2. Возрастная структура респондентов

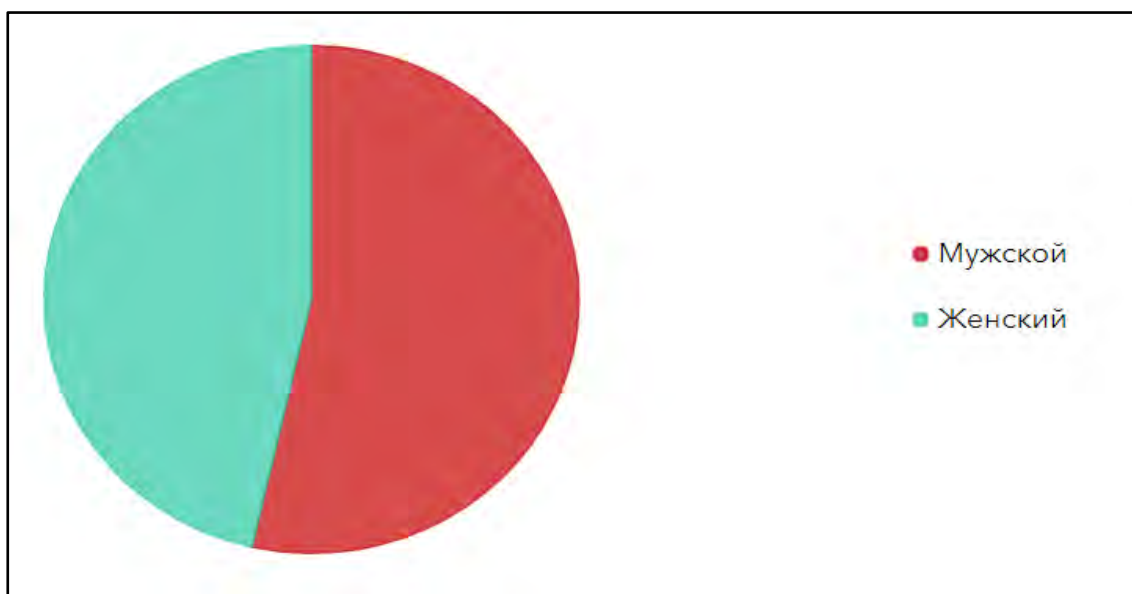


Рис. 3. Половая структура респондентов

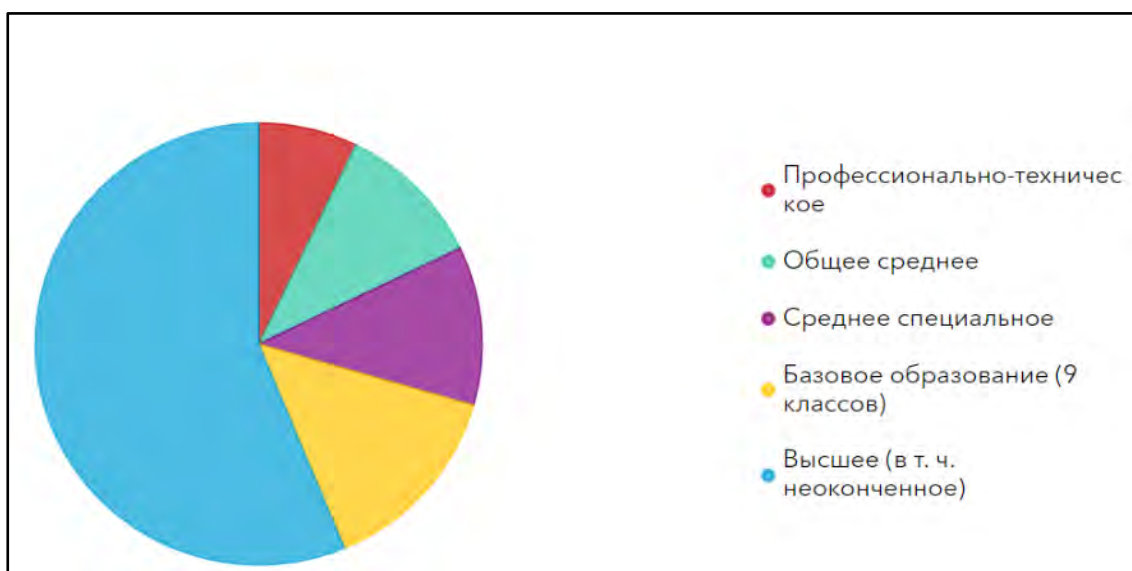


Рис. 4. Структура образования респондентов

Параллельно автор проводил опрос жителей г. Витебска. Во время опроса задавались такие вопросы, как: «В каком районе г. Витебска вы проживаете?»; «Какие ВР города Витебска вы знаете?», «Опишите их границы»; «Опишите ваше представление о центре города Витебска, укажите его на карте».

При проведении опроса была предпринята попытка охватить все возрастные группы населения и жителей, проживающих в разных частях города, для выведения наиболее точной статистики. Однако, по нашему мнению, необходим больший охват среди населения г. Витебска. Также стоит учитывать

«размытость» границ ВР в представлении респондентов, так что установить их точные границы на местности не представляется возможным.

В результате, после обработки и картографирования полученных данных, были выявлены различные особенности восприятия городского пространства жителями.

Предложенная нами методика картографирования вернакулярных районов заключается в последовательном наложении границ вернакулярных районов, полученных от респондентов, и выделении методом растрового анализа совпадающих областей. Таким образом была получена «тепловая карта», отражающая, с одной стороны, всю полноту восприятия границ исследуемых территорий, а с другой демонстрирует «ядра» этих территорий в коллективном восприятии. Так, например, на рисунке 5 значение «1» указывает, что данное место только 1 респондент отнес к соответствующему району, тогда как значение 100 и более указывает, что большинство респондентов относят местность к соответствующему району.

На рисунке 6 проиллюстрирован процесс обработки данных от первоначальных до итоговых границ вернакулярных районов. Нами был установлен порог в 40 голосов для единицы территории, чтобы она относилась к границам того, или иного вернакулярного района.

Для первичной апробации методики респондентам было предложено определить границы трех административных районов г. Витебска – Октябрьского, Первомайского и Железнодорожного. При анализе выделенных респондентами границ административных районов по итогам опроса (рис. 5), были выявлены основные тенденции и различия в представлениях границ административных районов г. Витебска, которые указывают на слабую осведомлённость жителей об АД (административно-территориальном делении) города и ложные представления о его границах. Однако, стоит учесть фактор трудности указания точных границ в силу большой площади и сложном строении внешних границ. Также не стоит забывать про охват опроса. Есть некоторая вероятность, что при большем охвате респондентов, данные бы отличались от текущих.

В ходе интернет-опроса респондентам также задавался вопрос об определении центра г. Витебска. Центрами чаще всего указывались **3 ядра**, область вокруг которых относилась респондентами к центру. После создания буферных зон вокруг данных объектов и обрезании их по предполагаемым в устном опросе описаниях жителями центра города получается текущая картина (рис. 7).

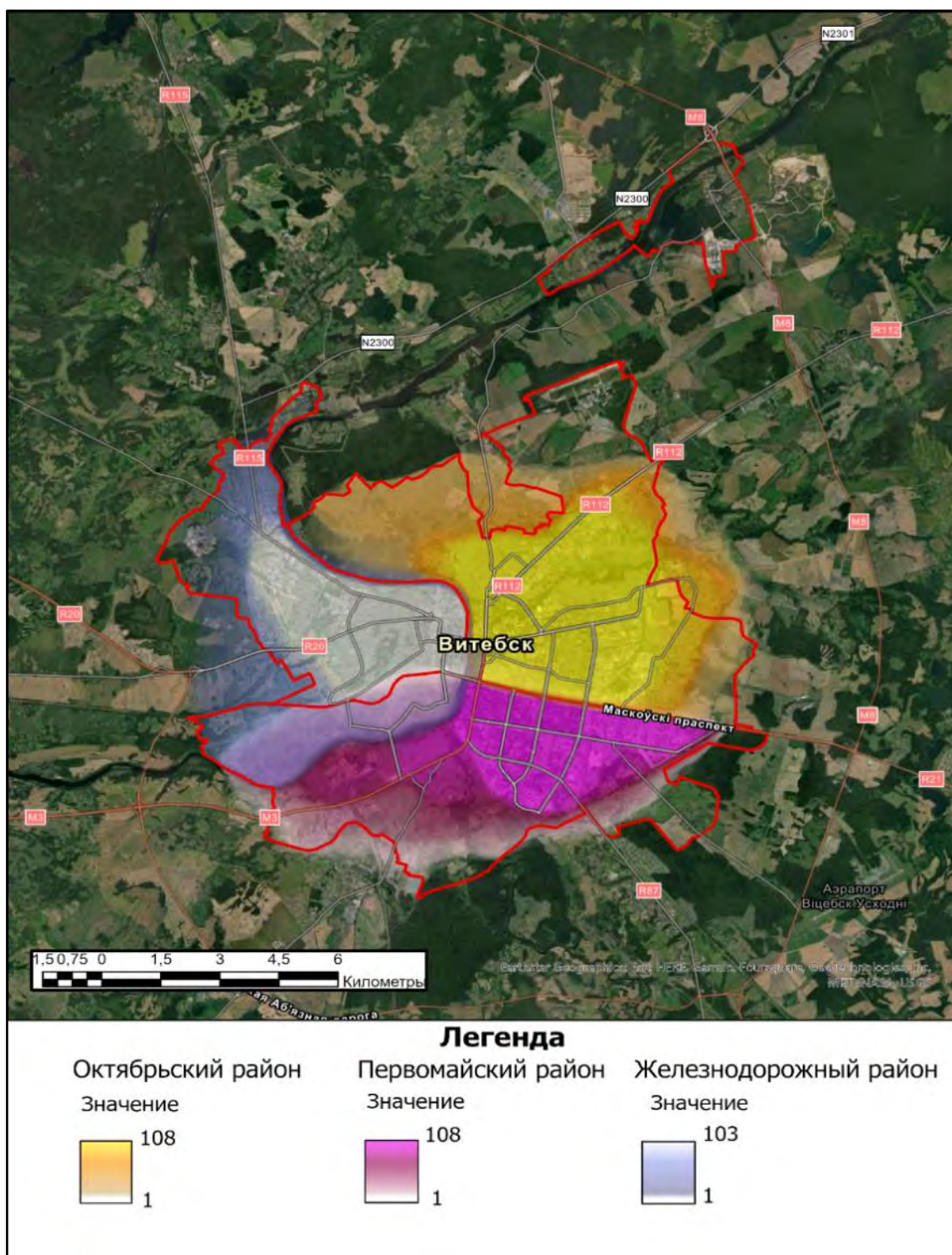


Рис. 5. Официальные районы города в восприятии жителей

В результате работы на карту было нанесено 50 ВР г. Витебска. Определено, что их площадь составляет 64,08 % от общей площади города (при этом в площади города учтены промышленные зоны, гаражные кооперативы и иные нежилые территории, которые становятся частью какого-либо

ВР в редких случаях). Это свидетельствует о разнообразии городского пространства, достаточной плотности городской среды, ясно выраженной территориальной идентификации даже в планово-застроенном в советское время городе.

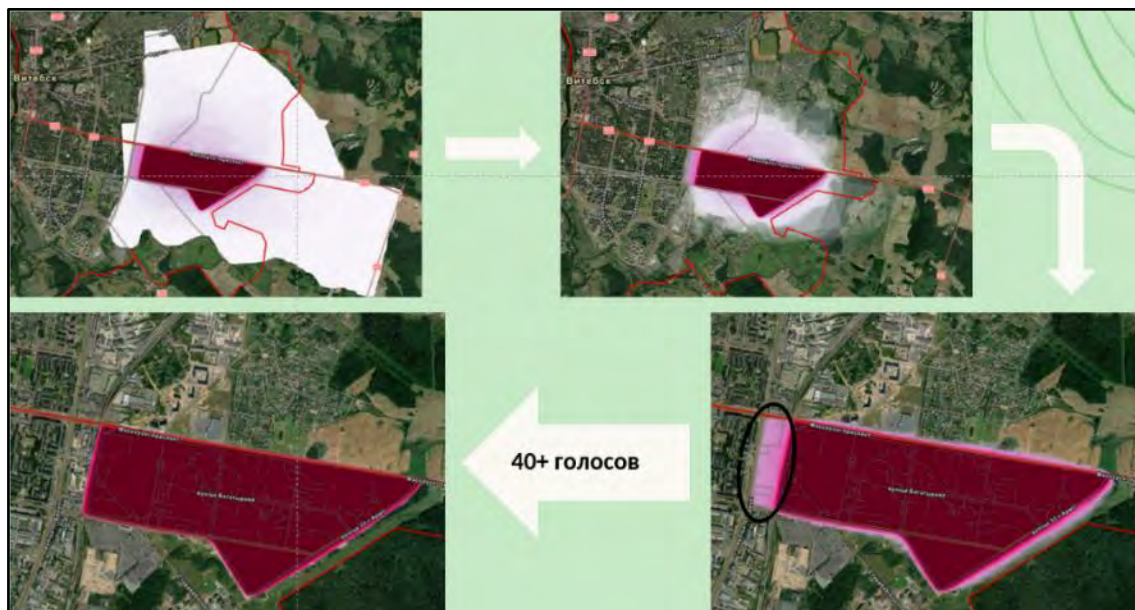


Рис. 6. Процесс обработки vernacularных районов из опроса через ArcGIS Survey123

Знание ВР г. Витебска даёт возможность определить социальные, средовые и функциональные особенности городского пространства, что может позволить локализовывать и оптимизировать действия по устранению проблем конкретных районов, размещению элементов городской инфраструктуры. На основе характеристик ВР и их топонимике можно составлять туристические карты, путеводители, применять топонимику ВР в официально-определённой для конкретной сферы городской среды.

В рамках работы было продемонстрировано, что жители имеют скудные/ложные представления о границах административных районов города. Существующие границы не всегда совпадают с ожиданиями респондентов, что значительно затрудняет формирование целостного образа пространства не только в глазах местных жителей, но и туристов. Авторы считают, что основные структурные единицы города в виде трёх административных районов можно адаптировать под реальное восприятие их границ жителями г. Витебска.

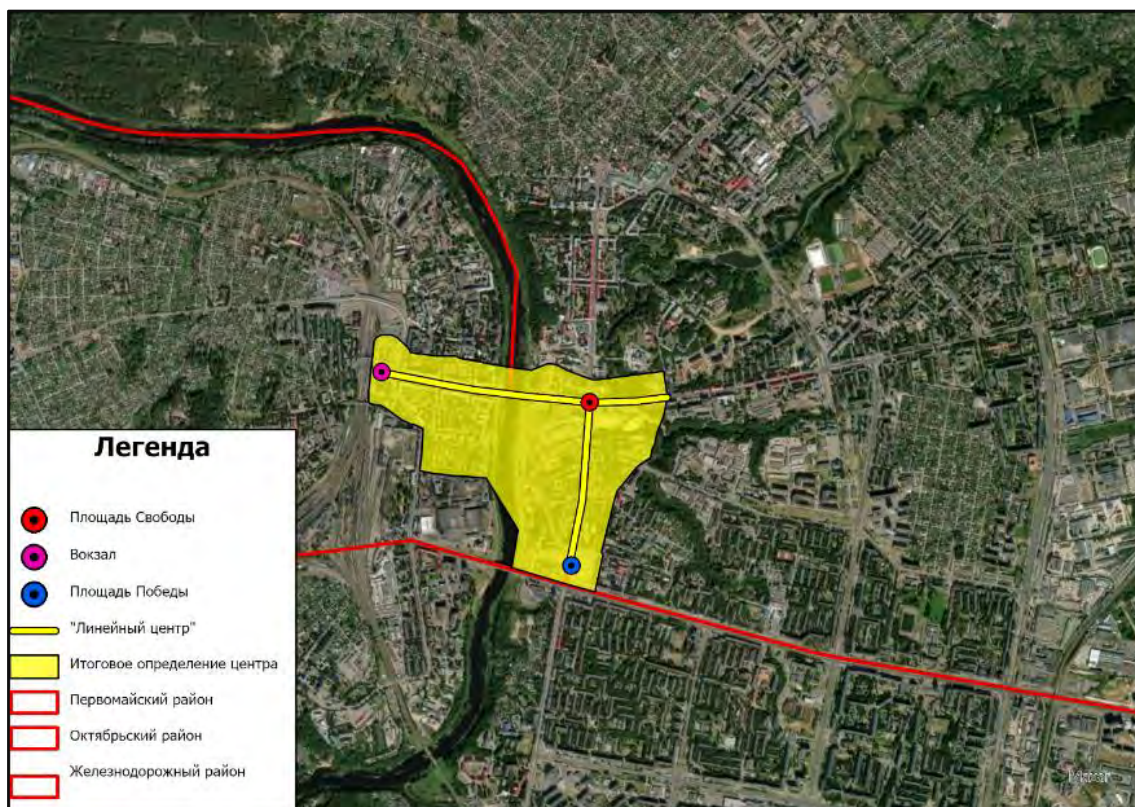


Рис. 7. Итоговая карта ментального центра г. Витебска

Данные меры позволят улучшить ориентацию горожан в городском пространстве, дадут возможность грамотно применить культурный код каждого района в брэндинге городского пространства, а также возможность для дальнейшего развития социокультурной структуры города.

Библиографические ссылки

1. Казакова Г. М. «Вернакулярный район» как условие интенсификации социальных процессов // Социологические Исследования. 2017. № 9 (400).
2. Мирошниченко В. В. Вернакулярные районы г. Харькова // Псковский региональный журнал. 2013. № 16. С. 61–69.
3. Официальный сайт сервиса “ArcGIS Survey123” [Электронный ресурс]. URL: <https://survey123.arcgis.com/> (дата обращения: 29.10.2023).
4. Официальный сайт онлайн-энциклопедии “Wikimapia” [Электронный ресурс]. URL: <http://wikimapia.org/> (дата обращения: 29.10.2023).
5. Официальный сайт онлайн-энциклопедии “Витебская энциклопедия” [Электронный ресурс]. URL: <http://www.evitebsk.com/> (дата обращения: 29.10.2023).

РАЗНОВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ОРТОФОТОПЛАНОВ УЧАСТКА УЗДЕНСКОГО РАЙОНА В 2022 г. И 2018 г.

А. В. Третьяк, П. В. Жумарь

*Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская, 16,
220006, г. Минск, Беларусь*

Актуальность данного исследования заключается в проведении разновременного анализа ортофотопланов Узденского района за 2018 и 2022 годы. Целью исследования является выявление изменений в лесном покрове за указанный период. Используя методы картографии и визуальный анализ с использованием ПО ENVI 5.3 и Inpho, были проведены выделения лесного покрова на обоих ортофотопланах и последующий сравнительный анализ.

Ключевые слова: ортофотоплан; лесной покров; изменения; анализ; Узденский район

MULTITIME ANALYSIS OF ORTHOPHOTO PLANES OF THE UZDEN DISTRICT SECTION IN 2022 AND 2018.

A. V. Tretyak, P. V. Zhumar

Belarusian State University, str. Leningradskaya, 16, 220006, Minsk, Belarus

The relevance of this research lies in the multi-temporal analysis of orthophoto plans of the Uzda district for 2018 and 2022. The purpose of the research is to identify changes in the forest cover over the specified period. Using the methods of cartography and visual analysis using ENVI 5.3 and Inpho software, the selection of forest cover was carried out on both orthophoto planes and the subsequent comparative analysis.

Keywords: orthophoto plan; forest cover; changes; analysis; Uzda district.

Современные методы дистанционного зондирования Земли открывают новые возможности для мониторинга и анализа лесной растительности, предоставляя долгосрочные данные, позволяющие отслеживать изменения в лесных экосистемах, выявлять потенциальные особо охраняемые природные территории. Это имеет особое значение для сохранения природы и эффективного управления лесными ресурсами. Для этого были использованы ПО ENVI 5.3 и Inpho [2, 3].

Была проделана работа по анализу динамики лесного покрова на участках Узденского района Минской области (Республика Беларусь). Были проанализированы крупномасштабные ортофотопланы на указанную территорию за период с 2018 по 2022 год.

Для анализа и обработки данных использовалось программное обеспечение ENVI 5.3. Сначала в программу были загружены ортофотопланы, площадью 19 км² и масштабом 1:10000, после чего они были связаны во

вьюерах. Затем к ортофотопланам были подгружены ROI. Лес2022, чтобы проанализировать насколько площадь лесного покрова изменилась (рис. 1).

Проведенный анализ с 2018 года по 2022 год показал серьезные изменения, которые, скорее всего, вызваны фитопотогией. В дальнейшем было установлено, что в 2022 году лесозаготовители вырубili около 0,8 км² леса. При этом, в 2022 году, в некоторых частях рассматриваемого участка, был посажен лес, что составило 0,3 км². Таким образом, площадь лесного покрова в 2022 году уменьшилась на 0,5 км² (рис. 2).

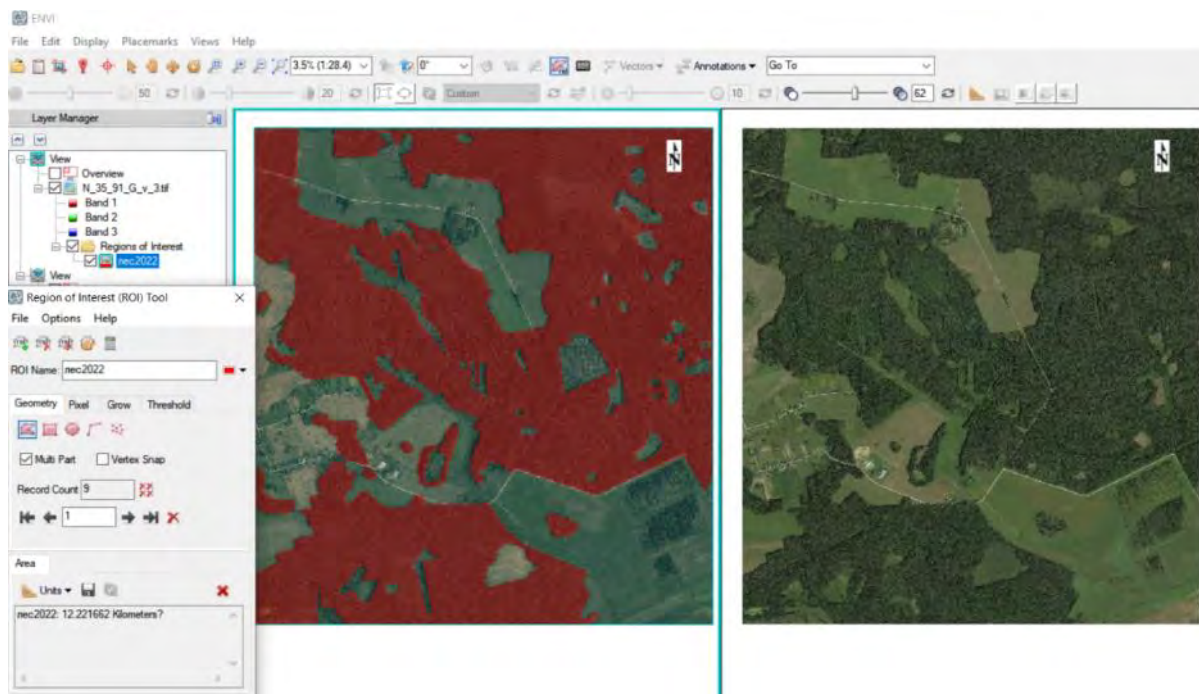


Рис. 1. Область интереса Roi. Лес 2022 (сост. авт. по данным «БелПСХАГИ») [1]

На рисунке 2 показаны Область интереса ROI. Лес 2022 года – красным цветом, лес 2018 года – дополнен фиолетовым цветом, выращенный лес в 2022 году – зелёным цветом.

Разработанный подход дал возможность более детально изучить изменения в структуре леса исследуемого участка. В частности, оценить изменения в общей площади лесного покрова, но и подробно проанализировать его структурные изменения в будущем, что важно для понимания динамики экосистем и принятия эффективных мер для их сохранения.

В ходе проведенных исследований были подтверждены возможности использования материалов крупномасштабных дистанционных съемок с помощью современного программного обеспечения для мониторинга динамики лесных экосистем и доказана его эффективность. Дальнейшие перспективы заключаются в том, чтобы продолжать исследования с целью мониторинга дальнейших изменений лесного покрова в будущем, а также установления их причин.

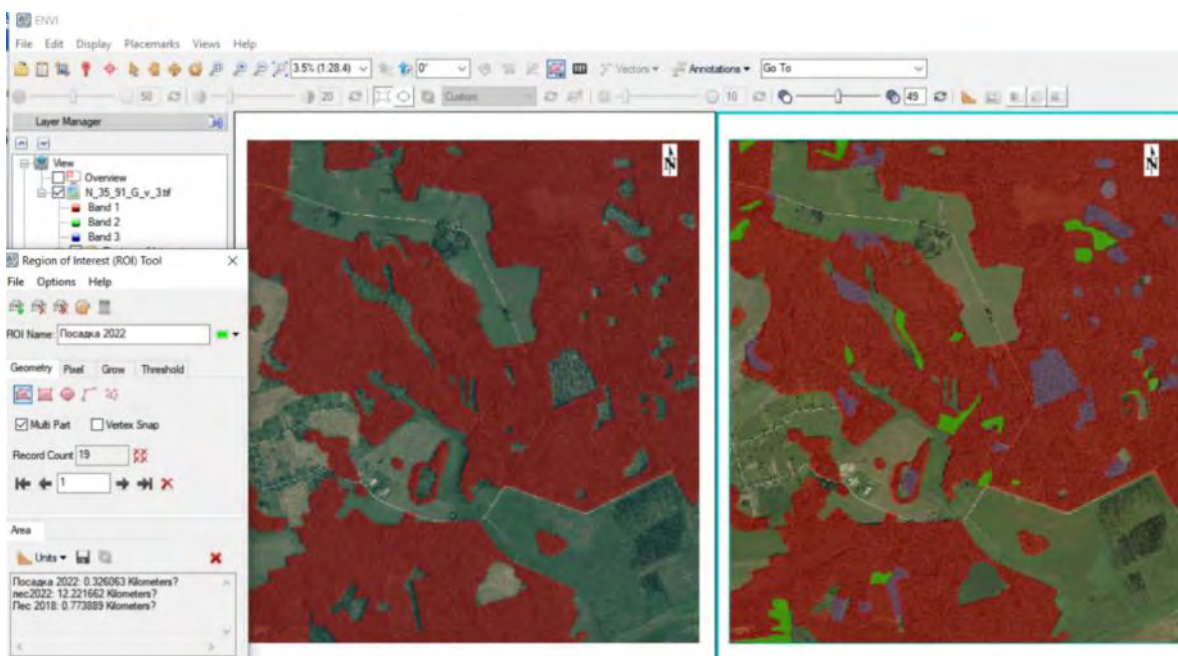


Рис. 2. Фрагмент ортофотоплана 2022 года и 2018 года
(сост. авт. по данным «БелПСХАГИ») [1]

Полученные результаты позволили подтвердить эффективность использования методов дистанционного зондирования и программного обеспечения для анализа динамики лесного покрова. Такие факторы, как фитопатогенная активность и деятельность промышленных предприятия по лесозаготовке, имели существенное влияние на изменение площади лесного покрова. Полученные данные об изменениях в лесном покрове подтверждают не только значительное влияние факторов человеческой деятельности на экосистемы, но и важность использования методов дистанционного зондирования для мониторинга и анализа таких изменений. Изучение структуры лесного покрова и выявление динамики его изменений позволяют принимать целенаправленные меры по сохранению природных ресурсов и охране лесных экосистем.

Библиографический список

1. Официальный сайт РДАУП «БелПСХАГИ». 2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://beldzz.by/> (дата обращения: 01.11.2023).
2. Working the Crowd: Design Principles and Early Lessons from the Social-Semantic Web [Электронный ресурс]. URL: <https://INPHO> (дата обращения: 02.11.2023).
3. ENVI Machine Learning Tutorial: Supervised Classification [Электронный ресурс]. URL: <https://ENVIMachineLearningTutorialSupervisedClassification> (дата обращения: 01.11.2023).

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СЕТИ ПИЦЦЕРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА БРЕСТА)

З. И. Хрипунова¹⁾, С. М. Токарчук²⁾

¹⁾ *Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, zlatakhripunova@gmail.com*

²⁾ *Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, svetlana.m.tokarchuk@mail.ru*

В данной работе приведены возможности использования облачной платформы картографирования ArcGIS Online для изучения основных характеристик и особенностей размещения пиццерий в пределах центральной части города Бреста. Проведенное исследование включало изучение центральной части города Бреста, определение основных характеристик пиццерий, изучение плотности их размещения и доступности.

Ключевые слова: город; Брест; пиццерии; интерактивная карта; ArcGIS Online; ГИС-анализ.

APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES TO STUDY THE PIZZERIA NETWORK (BASED ON THE EXAMPLE OF THE CENTRAL PART OF BREST)

Z. I. Khripunova¹⁾, S. M. Tokarchuk²⁾

¹⁾ *A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, zlatakhripunova@gmail.com;*

²⁾ *A. S. Pushkin Brest State University, 21, Cosmonauts Blvd, 224016, Brest, Belarus, svetlana.m.tokarchuk@mail.ru*

This paper presents the possibilities of using the ArcGIS Online cloud mapping platform to study the main characteristics and features of the location of pizzerias within the central part of the city of Brest. The study included a study of the central part of the city of Brest, determining the main characteristics of pizzerias, studying their density and accessibility.

Keywords: city; Brest; pizzerias; interactive map; ArcGIS Online; GIS analysis.

Заведения общественного питания всегда будут являться актуальной темой для изучения в связи с их привлекательностью среди всех групп населения. Такая общественная заинтересованность напрямую связана с основной функцией данного вида заведений, состоящей в удовлетворении естественной человеческой потребности – получение пищи. В результате

этого, большое значение приобретают работы, направленные на обобщение и оптимизирование данных о заведениях общественного питания – в том числе, на такие заведения как пиццерии [1, 2]. Анализ литературных источников показал, что для изучения размещения объектов общественного питания в городах достаточно активно применяются ГИС [3, 4].

В настоящей работе, представлены результаты создания интерактивных аналитических и оценочных карт размещения сети пиццерий в пределах центральной части города с использованием веб-приложений облачной платформы картографирования ArcGIS Online. Исследование проводилось в несколько этапов.

Этап 1. Составление базы данных пиццерий, располагающихся в центре города на основании Интернет-источников. Проведение полевого этапа исследования. Составление интерактивной картографической базы данных.

На первом этапе исследования были изучены данные, располагающиеся в открытых Интернет-источниках, в частности мобильные приложения «Google карты» и «Яндекс карты».

При изучении данных карт были обнаружены определённые неточности, которые вызвали ряд сложностей и потребовали проведение полевого этапа в дальнейшем исследовании. В частности, на используемых ресурсах отсутствовали некоторые пиццерии; были неправильно указаны время и дни работы; не были указаны контактные телефоны или сайты заведений; отсутствовали данные о пиках посещаемости заведений.

Таким образом, при составлении интерактивной картографической базы данных было принято решение выполнять её в непосредственных полевых условиях, при обследовании территории микрорайона.

При проведении полевого этапа исследования использовалась программа для сбора полевых данных Survey 123. С использованием этого приложения была создана анкета (рис. 1), которая заполнялась непосредственно во время сбора данных.

Следует отметить, что программа Survey 123 обладает значительными возможностями для создания полевых опросников. В создаваемом опросе можно включать 25 самых разных типов вопросов. Данные вопросы сгруппированы в несколько блоков: «Текст, число, дата и время», «Выбор», «Местоположение», «Медиаресурсы и файлы», «отображение и структура». Данное деление помогает хорошо ориентироваться в типах создаваемых полей и делает не только лёгким процесс создания опроса, но и дает большие преимущества работы с полученной картографической базой данных.

Пиццерии центральной части г. ...

Название пиццерии*

...

Адрес*

...

Местоположение

Нажмите, чтобы задать местоположение

Рыбацкая Загородный Брест Шляховый Тр. Прудный Запад

Время работы*

☐ 11:00 - 23:00

☐ 10:00 - 22:00

☐ вс-пт 11:00-22:00, сб-вс 11:00-23:00

☐ 12:00 - 24:00

☐ вс-пт 12:00 - 23:00, сб-вс 12:00 - 24:00

☐ Другое (укажите)

Как можно связаться/найти дополнительную информацию о заведении?

Можно указать несколько вариантов ответа.

☐ По мобильному телефону*

Кол-во видов пицц в меню*

...

Минимальный диаметр пиццы*

☐ < 20 см

☐ 21-25 см

☐ 26-30 см

☐ 31-35 см

☐ > 35 см

Максимальный диаметр пиццы*

☐ < 25 см

☐ 25-30 см

☐ 31-35 см

Есть ли на вынос?*

☐ Да

☐ Нет

Есть ли возможность заказа на дом?*

☐ Да

☐ Нет

Есть ли дополнительные позиции в меню?*

☐ Да

☐ Нет

Цена пиццы Маргарита, 750 г (BYN)*

...

Цена пиццы Пепперони, 750 г (BYN)

...

Пик посещаемости (по данным Google)

...

Количество отзывов в Google

...

Рейтинг в Google

...

Пиццерии центральной части г. Б...

Спасибо!

Ваш ответ успешно отправлен.

Нажмите [здесь](#), чтобы отправить другой ответ.

Рис. 1. Фрагмент мобильной ГИС-анкеты

В созданном опросе использовались следующие типы полей:

1. Ниспадающий список («Название пиццерии»).
2. Однострочный текст («Адрес»).
3. Карта («Местоположение»).
4. Изображения («Фото пиццерии снаружи»).
5. Один вариант выбора («Время работы»). Следует отметить, использование данного типа элемента при создании вопросов, требующих положительного или отрицательного ответа («Вынос», «Возможность заказа на дом», «Наличие посадочных мест на улице» и др.).
6. Несколько вариантов выбора («Источники получения дополнительной информации о пиццерии», «Дополнительные позиции в меню»).
7. Число («Количество посадочных мест», «Наполненность заведения», «Количество видов пицц в меню» и др.).
8. Время («Время работы заведения», «Пик посещаемости»).

9. Шкала Лайкерта («Минимальный / Максимальный диаметр пиццы»).

10. Рейтинг («Рейтинг в Яндекс / Google»).

Таким образом, в результате полевых исследований в пределах территории микрорайона «Центр» были обнаружены 14 пиццерий. После заполнения анкеты автоматически была сформирована карта размещения пиццерий в пределах центральной части города Бреста с привязанной к ней таблицей – картографической базой данных (рис. 2).

Этап 2. Анализ особенностей размещения сети пиццерий центральной части г. Бреста с использованием возможностей Survey 123

Интерфейс данной программы позволяет сразу получать данные для анализа. Эти данные могут быть представлены сразу в виде элементарной карты (без доступа к ее редактированию), коллекции фотографий (рис. 3), столбчатой, линейной (рис. 4) или круговой диаграмм. Также к графикам имеется возможность включения статистических данных, что позволяет сразу видеть такие характеристики как минимальное, максимальное и среднее значение, сумма (см. рис. 4).

Тип применяемой легенды зависит от выбранного типа вопроса при составлении опроса в Survey 123.

Например, для отображения данных, составленных с использованием типов вопросов «Один вариант ответа», «Рейтинг» можно использовать тип легенды «Уникальное значение» (рис. 5а), для отображения числовых данных, предлагается значительное количество разнообразных типов легенды, в частности «Числа и количество: размер» (рис. 5б), «Числа и количество: цвет».

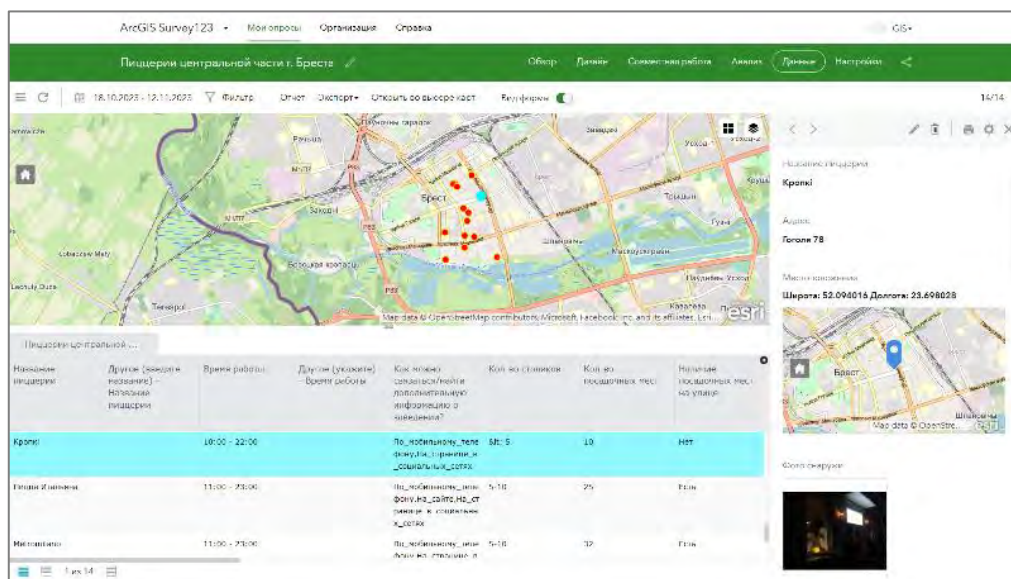


Рис. 2. Интерактивная база данных «Пиццерии центральной части г. Бреста»

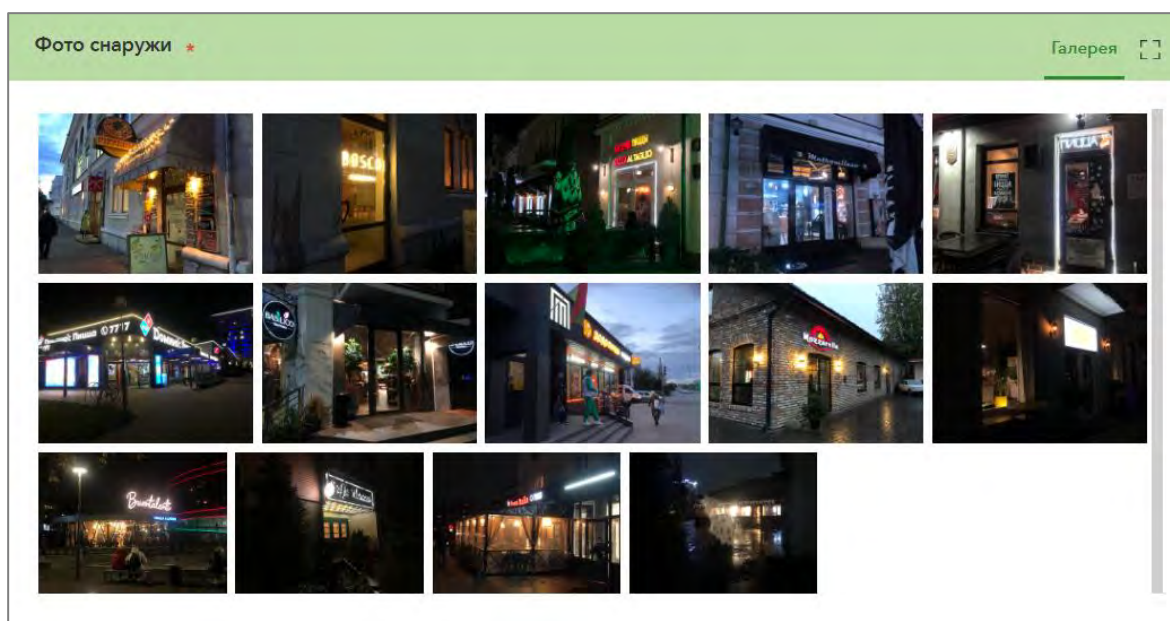


Рис. 3. Коллекция фотографий (вопрос «Фото пиццерии снаружи»)

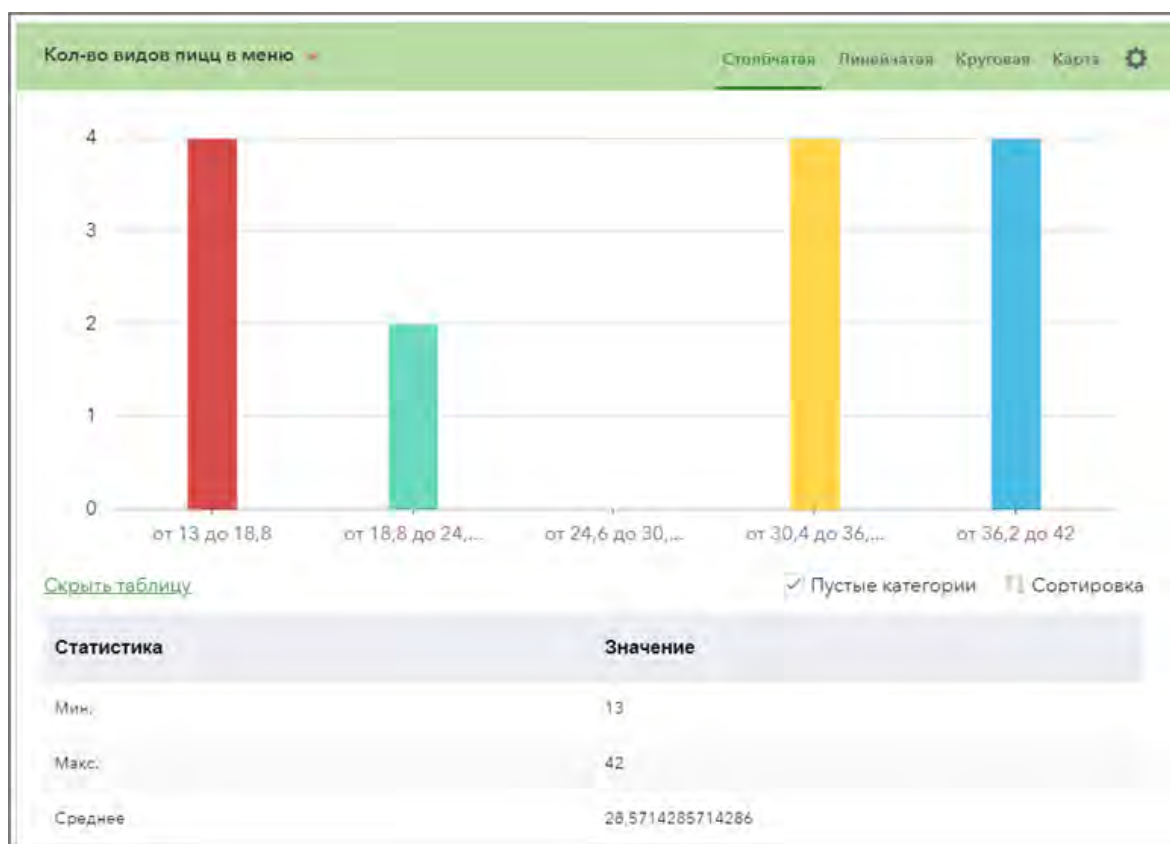


Рис. 4. Столбчатая диаграмма (вопрос «Количество видов пицц в меню»)

Таким образом, выполненное исследование позволило разработать и апробировать методику инвентаризации и анализа особенностей размеще-

ния и основных характеристик объектов общественного питания с использованием веб-приложений облачной платформы картографирования ArcGIS Online.



Рис. 5. Интерактивные карты: *а* – тип легенды «Уникальное значение»;
б – тип легенды «Числа и количество: размер»

Разработанная методика апробирована на сети пиццерий центральной части Бреста и может применяться как для изучения других объектов общественного питания, так и для больших территорий.

Библиографический список

1. Бочкова А. Г., Кравченко Д. Д., Кокорева Л. А. Анализ потребительских предпочтений пиццерий и ассортимента пицц г. Екатеринбурга // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 11-12 (79). С. 53-57.
2. Казначеева С. Н. Маркетинговые исследования на рынке пиццерий // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2021. № 2 (54). С. 68-79.
3. Бондарь А. В., Хворостухин Д. П. Определение наиболее перспективного расположения пунктов общественного питания на основе ГИС-технологий (на примере участка территории города Саратова) // Вестник науки и образования. 2018. Т. 1, № 8 (44). С. 121-124.
4. Князев И. С., Сазонов А. А. Оценка пространственно-временных закономерностей доставки еды из сетевых ресторанов быстрого питания (на примере г. Минска) // ГИС-технологии в науках о Земле : Материалы республиканского научно-практического семинара студентов и молодых ученых, Минск, 16 ноября 2022 года / Редколлегия: А.А. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Минск: Белорусский государственный университет, 2022. С. 76-81.

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ТУРИСТСКОГО МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ГОРОДАМ «URBAN TOUR»

Е. А. Цибульский, С. М. Токарчук

*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина,
бульвар Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, box@brsu.by*

В статье представлен проект разработки концепции туристского приложения. В проекте реализуется концепция технической и визуальной части (макет приложения). Задумка приложения предполагает создание оболочки для ГИС-продуктов, для включения туристов в детальные экскурсионные маршруты. В примере рассматривается город Жабинка. Как отдельный элемент туризма впечатлений.

Ключевые слова: приложение; туризм; впечатления; город; Жабинка.

CONCEPT OF CREATION OF A TOURIST MOBILE APPLICATION BY CITY “URBAN TOUR”

J. A. Cybulski, S. M. Tokarchuk

Brest State University named after A.S. Pushkin, Cosmonauts Boulevard 21, 224016, Brest, Belarus, box@brsu.by

The article presents a project for developing the concept of a tourism application. The project implements the concept of the technical and visual parts (application layout). The idea of the application involves creating a shell for GIS products to include tourists in detailed excursion routes. The example considers the city of Zhabinka. As a separate element of experience tourism.

Keywords: application; tourism; impression; city; Zhabinka.

С учетом переориентации рынка услуг на использование интернет-ресурсов появляется необходимость внедрения инновационных технологий, одними из которых являются мобильные приложения [1].

Большинство компаний видят пользу, которую может принести мобильное приложение для путешествий, будь то увеличение продаж, улучшение качества услуг, формирование лояльности покупателей.

В настоящее время, когда практически у всех есть смартфон, примерно 65 % туристов предпочитают планировать маршрут поездки с помощью мобильных приложений. Около 70 % бизнесменов заказывают авиабилеты и бронируют отели через мобильные приложения. Как показывает статистика, около 80 % туристических компаний, отелей и авиакомпаний выигрывают от повышения узнаваемости бренда, увеличения доходов.

Туристы особенно ценят приложения, позволяющие им ориентироваться в любой стране или городе. Мобильное приложение для путешествий может предлагать словари, карты, навигацию по городу, включая гид по различным местам (рестораны, кафе, достопримечательности и т.д.).

Около 75 % туристов используют как минимум одно мобильное приложение во время своей поездки. На данный момент 35 % туристов скачивают мобильные приложения для путешествий специально для конкретной поездки или приближающегося отдыха. В век активного развития и распространения социальных сетей 80 % путешественников публикуют в них фотографии с отдыха. Но множество приложений дают вероятность потери важных компонентов поездки, для этого требуется обработать и систематизировать данные в одном приложении, совместно с этим дополнить чем-то новым.

Также следует отметить, что мобильные приложения чаще всего создаются для больших территорий (страны в целом, области) либо для крупных городов. В то время как малые территории в первую очередь административные районы и малые города фактически не представлены на рынке мобильных приложений. Можно отметить, что данные объекты значительно менее популярны у туристов, однако, создание мобильных приложений по данным территориям (например, для малых городов, особенно расположенных в близкой доступности к крупным городам или с хорошим транспортным расположением) позволит развивать их туристический потенциал и простимулировать развитие местной экономики.

Таким образом, в данной работе предлагается концепция создания туристского мобильного приложения по городам «URBAN TOUR». Приложение будет включать не только крупные и большие города Беларуси, но и малые. В настоящее время, разработан прототип приложения с общими страницами и разделом для города Жабинка.

Второй отличительной особенностью приложения является внедрение в ее среду ГИС-приложений, причем не только инвентаризационных (т. е. интерактивных каталогов туристических объектов), но и, например, виртуальных экскурсий.

Для реализации данного приложения было разработано техническое задание для поэтапного выполнения планируемого результата [2]:

1. Общие сведения:

- Цель создания: целью является популяризация туризма в городах Беларуси, привлечение инвестиций в сферу туризма, в частности в малые города. Реализация цифровизации социальных сфер;
- Совместимость с платформами: поддержка для iOS 11, Android 8.0 и более поздние версии;

- Масштабируемость: запас серверных мощностей для хранения данных о городах и пользователях;

- Отказоустойчивость: при отказе в работе из одной составной части возможность работы других компонентов.

2. Функциональные требования к приложению:

- Роли пользователей: гость, авторизованный пользователь, модератор, администратор, разработчик;

- Форматы данных: как будет реализован обмен данными в приложении;

- Интеграция: уникальностью приложения является интеграция сторонних сервисов, связанных с ГИС-продуктами и метеоинформационными сервисами;

- Дополнительные функции: приложение должно работать совместно с другими продуктами, для загрузки и выгрузки карт в онлайн/оффлайн;

- Конфигурация и администрирование: отдельное меню для модераторов, администраторов и разработчиков;

- Состав системы: мобильное приложение состоит из экранов, push-уведомлений, системы аутентификации, веб-карт, ресурсов метеорологических данных, информационных данных, платёжных систем.

3. Нефункциональные требования к приложению:

- Безопасность: безопасность должна обеспечивать сохранность конфиденциальности при шифрование персональных данных;

- Логирование: системе нужно формировать и сохранять отчеты об ошибках, которые возникли при работе приложения у пользователей;

- Требования к аппаратному обеспечению сервера: база хранения должна быть мобильной, в связи с непостоянностью потока посетителей.

4. Реализация функциональности приложения:

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| • Экран загрузки; | • Отдельные части меню; |
| • Регистрация и авторизация; | • Донат; |
| • Основной экран; | • Помощь; |
| • Меню; | • Уведомления. |

Концепт меню включает следующие компоненты (рис. 1а):

- | | |
|-------------------|-------------------|
| • Города | • Туризм |
| • Категории | • Транспорт |
| • О нас | • Денежные услуги |
| • Точки продаж | • GIS-сервисы |
| • Отдых | • Обновления |
| • Санитарные зоны | • Помощь |
| • Точки питания | • Донат |

Таким образом, идеей продукта является собрать во едино все ресурсы. На рисунке 1 можно увидеть концепцию приложения для города Жабинка. Отдельные элементы меню включают «Точки продаж» и «Помощь». Данные разделы являются малой составной частью большого продукта, который находится на стадии макета, к примеру, в разделе «Помощь» любой пользователь может задать вопрос, а модератор ему ответит.

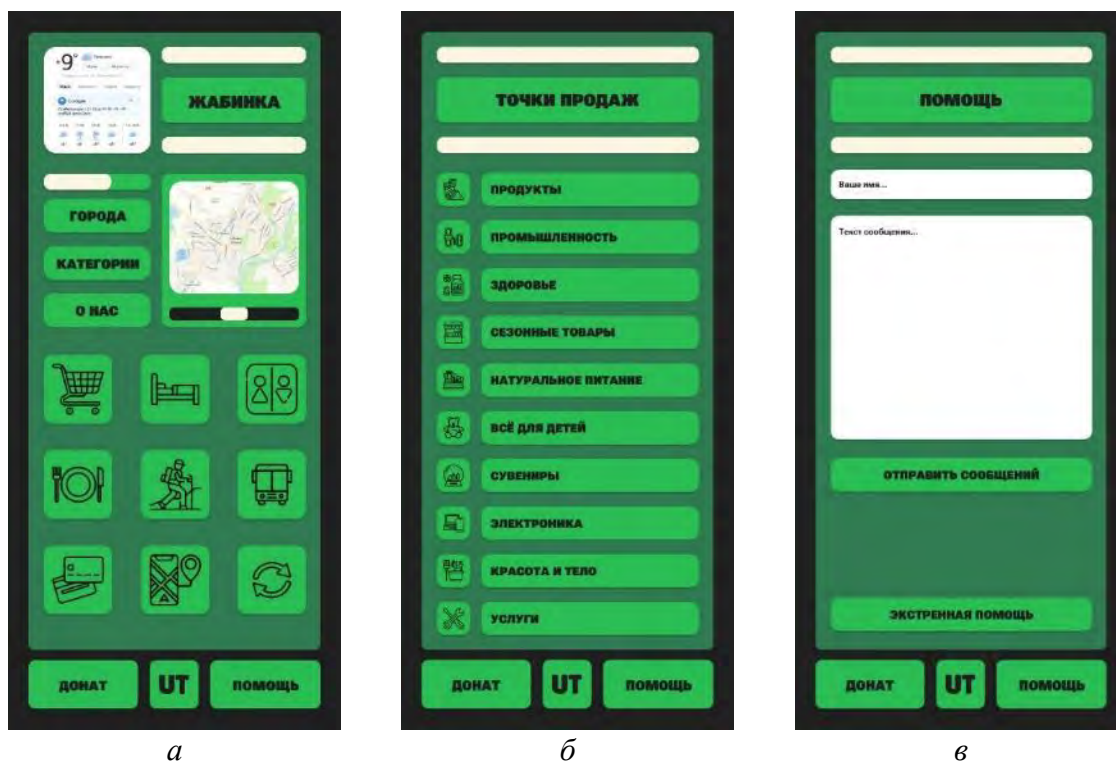


Рис. 1. Элементы меню: а – главное меню; б – точки продаж; в – помощь

Важным аспектом туристского приложения является сам туризм. Важнейший посыл современного потребителя туристско-экскурсионных услуг – это «Вкладывайте деньги в воспоминания». Таким образом, в создаваемом приложении предлагается выделить раздел туризм впечатлений. От объёма полученных туристом впечатлений, их соответствия заранее сформированным ожиданиям, теперь зависит успешность того или иного тура и/или экскурсии, именно этот фактор формирует лояльность клиента, обеспечивает расширенное воспроизводство в отрасли.

Направление, которое берёт ветвь из экономики впечатление входит в нашу жизнь всё быстрее и быстрее, именно это может стать двигателем продвижения, данного приложение [3]. Подходя к понятию «впечатление» со стороны маркетинга, в дело вступает теория «4Р», которая является основополагающей теорией маркетинга.

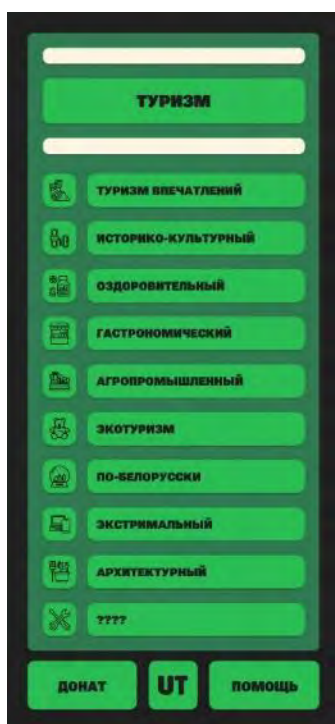
Product. Под продуктом впечатления понимается некоторая сумма, слагаемыми которой являются товар, услуга и впечатление.

Price. Взаимодействие бесплатного туризма и бонусов, помогает сделать впечатления более положительными.

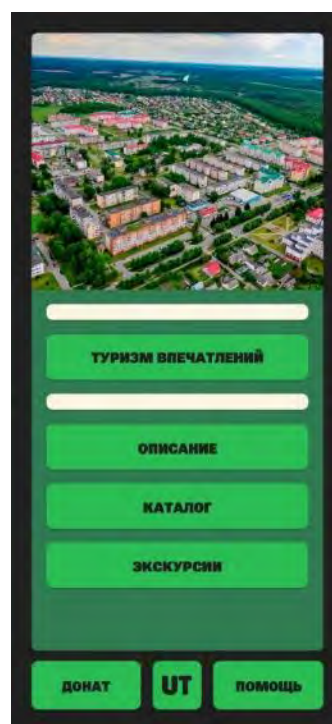
Promotion. Внимание, то, без чего не будет впечатления, приложение позволяет сконцентрировать человека на нужном и положительном.

Place. Место, сопровождающееся впечатлением, играет важную роль, для этого туризм нужно представить в лучшем образе, в чём и заинтересован город [4].

На рисунке 2 можно наблюдать разделы данного направления.



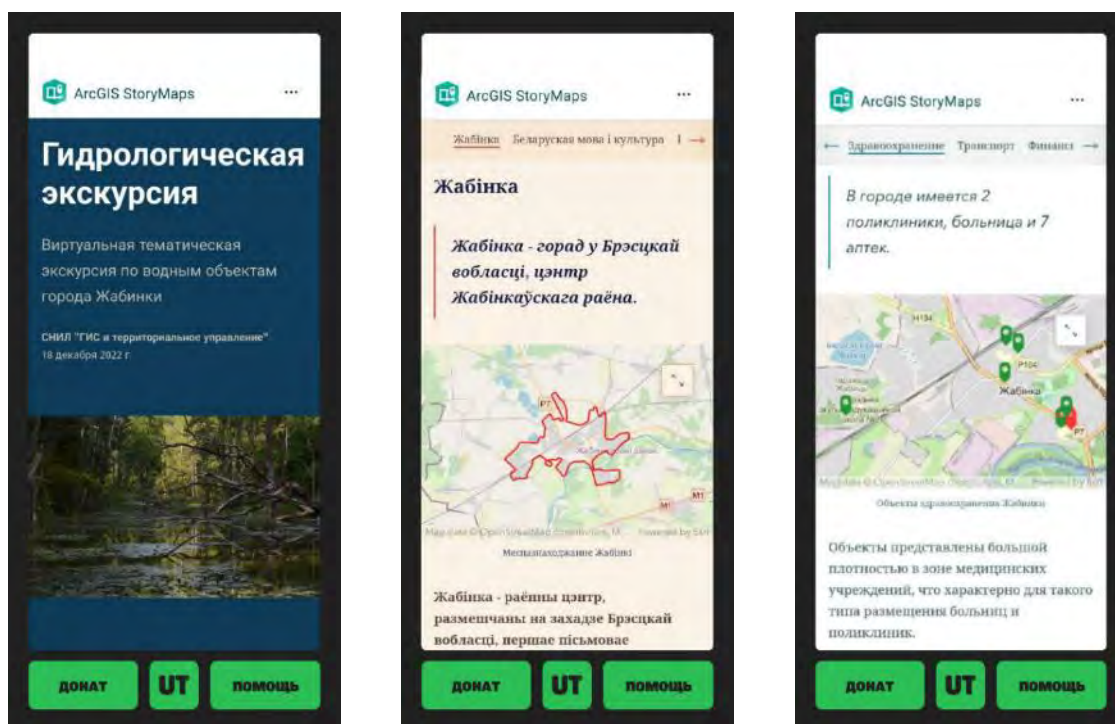
Виды туризма в приложении



Разделы туризма впечатлений

Рис. 2. Раздел «Туризм»

Приложение позволяет включать сторонние ГИС продукты, такими примерами могут послужить виртуальные экскурсии, инвентаризационные каталоги и веб-паспорта разных туристических объектов. ГИС-ресурсы должны явиться основным компонентом для наполнения контента в приложении (в первую очередь в разделе «Туризм»), позволяя разные приложения объединять в одном. ГИС дают большие возможности, благодаря географической привязки объектов, именно это даёт возможности для путешествия.



Гидрологическая
экскурсия

Беларускія матывы
ва ўрбанонімах Жабінкі

Социальные объекты

Рис. 3. Виртуальные экскурсии Жабинки

Таким образом, представленная концепция дает возможность объединять разнообразные интерактивные ГИС-продукты в единой мобильной среде, ее использование позволит увеличить туристический поток в Республики Беларусь, в силу доступности и ясности информационных ресурсов, позволит привлечь туристов в малые, ранее неизученные и мало востребованные города.

Библиографический список

1. Анализ рынка мобильных приложений в туристской индустрии / В. С. Володченко [и др.] // Вопросы науки и образования. 2020. № 33. С. 109-113.
2. Дарвин Я. Ф. Android. Сборник рецептов. Задачи и решения для разработчиков приложений. Москва : Армада-Альфа, 2019. 768 с.
3. Ермилова Д. В., Сесёлкин А. И. Экономика впечатлений и туризм в обществе мечты // Вестник ГУУ. 2015. № 2. С. 85-89.
4. Кобяк М. В., Ильина Е. Л., Латкин А. Н. Особенности развития экономики впечатлений в индустрии гостеприимства и туризма // Российские регионы: взгляд в будущее. 2015. Т. 2. № 3. С. 27-36.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ АНАЛИЗА ДОСТУПНОСТИ КИКШЕРИНГА В Г. МИНСКЕ

А. В. Шамак, Д. А. Чиж

*Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская, 16,
220006, г. Минск, Беларусь, geo.shamak@bsu.by*

Кикшеринг – система краткосрочной аренды электросамокатов по аналогии с каршерингом и велошерингом. Кикшеринг может работать с привязкой к станциям проката или по системе «dockless», то есть бесстанционно. Использование элементов ГИС-анализа позволяет точно оценивать потребности населения на этот вид транспорта, прогнозировать наилучшее размещение инфраструктуры для кикшеринг.

Ключевые слова: ГИС-анализ; кикшеринг; средство персональной мобильности; зеленые зоны; электросамокаты; ПДД; микромобильность.

USE OF GIS FOR ANALYSIS OF AVAILABILITY OF KICKSHARE IN MINSK

A. V. Shamak, D. A. Chizh

*Belarusian State University, str. Leningradskaya, 16,
220006, Minsk, Belarus, geo.shamak@bsu.by*

Kicksharing is a system of short-term rental of electric scooters by analogy with car sharing and bicycle sharing. Kicksharing can work with a connection to rental stations or on the "dockless" system, that is, without a station. The use of elements of GIS analysis allows you to accurately estimate the needs of the population for this type of transport, to predict the best placement of the infrastructure for kicksharing.

Keywords: GIS analysis; kicksharing; means of personal mobility; green areas; electric scooters; traffic rules; micromobility.

В современных городских средах актуальность устойчивого транспортного развития становится все более явной. Один из ключевых элементов этого процесса – внедрение инновационных форм транспорта, таких как кикшеринг. В контексте города Минска, столицы Беларуси, где микромобильность становится важным элементом городской инфраструктуры, применение ГИС-технологий для оценки доступности кикшеринга представляет собой перспективный метод анализа.

Факторы микромобильности, такие как плотность населения, густота транспортной инфраструктуры, распределение рабочих и общественных мест, оказывают значительное влияние на эффективность и популярность

кикшеринга в городе. Геоинформационный анализ позволяет учитывать эти факторы при определении оптимальных мест размещения пунктов проката, а также прогнозировать популярные маршруты и зоны высокого спроса.

Развитие кикшеринга в Минске не только способствует снижению транспортных проблем, но и создает новые возможности для улучшения экологической устойчивости города. Анализ пространственных данных с использованием ГИС позволяет оптимизировать логистику и распределение микромобильных транспортных средств, что в конечном итоге способствует развитию более эффективной и устойчивой транспортной системы в городе Минске.

Кикшеринг регламентируется указом № 145 «О совершенствовании организации дорожного движения», который был подписан 18 апреля 2022 года, тогда же было введено новое обобщенное понятие “средство персональной мобильности” или СПМ, к таким средствам отнесены и электросамокаты.

Теперь передвигаться на таких устройствах необходимо по велосипедной дорожке, а при ее отсутствии - по тротуару, пешеходной дорожке либо обочине со скоростью не выше 25 км/ч, не создавая препятствия для движения пешеходов. Устанавливается возрастное ограничение на использование средств персональной мобильности - с 14 лет. Но оно не будет действовать в жилых и пешеходных зонах. Кроме того, в темное время должен быть установлен и включен передний источник света.

В работе были проанализированы территории, которые доступны для поездок на электросамокате в городе Минске. Использовались данные двух компаний, которые предоставляют услуги краткосрочной аренды самокатов: ELEVEN [1] и JET [2].

На первом этапе были векторизованы карты из мобильных приложений для проката самокатов (рис. 1-2). Было выделено 5 зон для кикшеринга:

1. Зона без обременений, в этой зоне можно кататься со скоростью до 25 км/ч, расположены парковки, на которых можно оставлять самокат.
2. Зона, в которой запрещена стоянка, в этих зонах нет парковок, соответственно в этих зонах нельзя начать или закончить поездку, но можно свободно передвигаться в них.
3. Зона, запрещенная для проезда, в этих зонах запрещен проезд.
4. Зона с максимальной скоростью в 15 км/ч.
5. Зона с максимальной скоростью в 20 км/ч.

При изучении карты можно сделать выводы об общей схожей расположении зон. Так, для проезда запрещены улица Зыбицкая и Площадь Победы, что регулируется законодательством.

Зонами с ограничением скорости до 15 км/ч приурочены к паркам или «зеленым зонам»: Лошицкий парк, парк имени Горького, парк Победы, парк Челюскинцев, Ботанический сад, парк Дрозды, парк имени

Н. Г. Грековой и т. д., а также улицы с большим потоком людей в центре: проспект Независимости, улица Ленина и т. д.

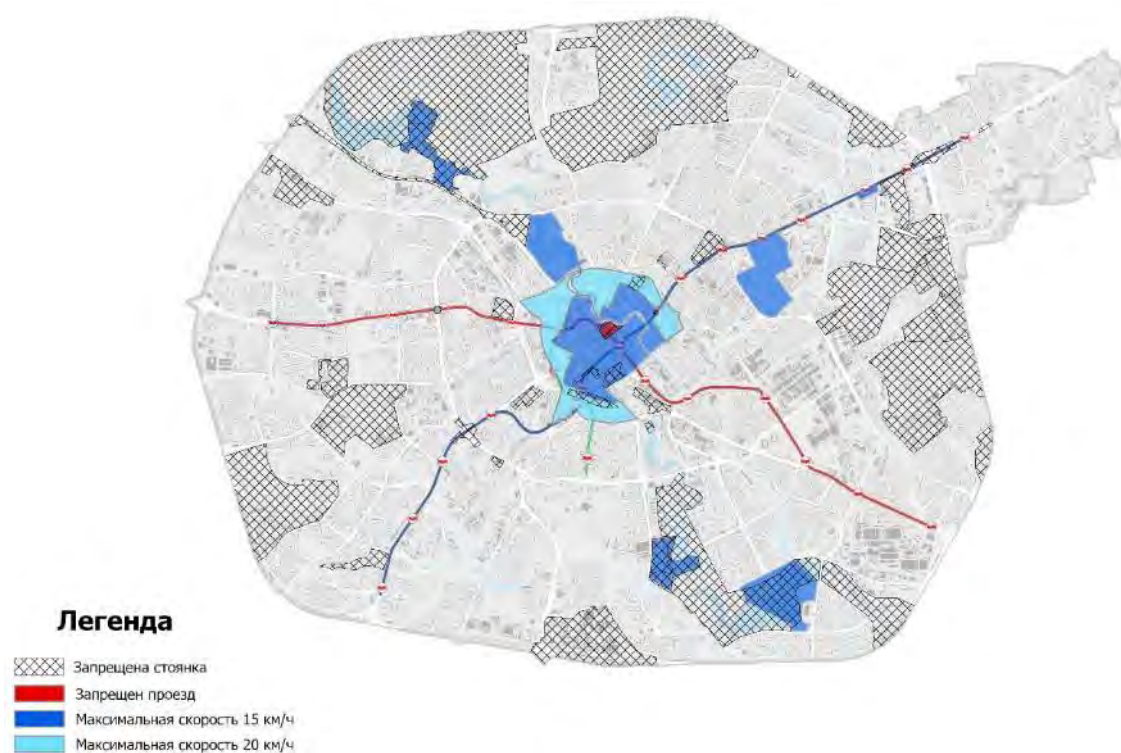


Рис. 1. Схема г. Минска с зонами проката ELEVEN

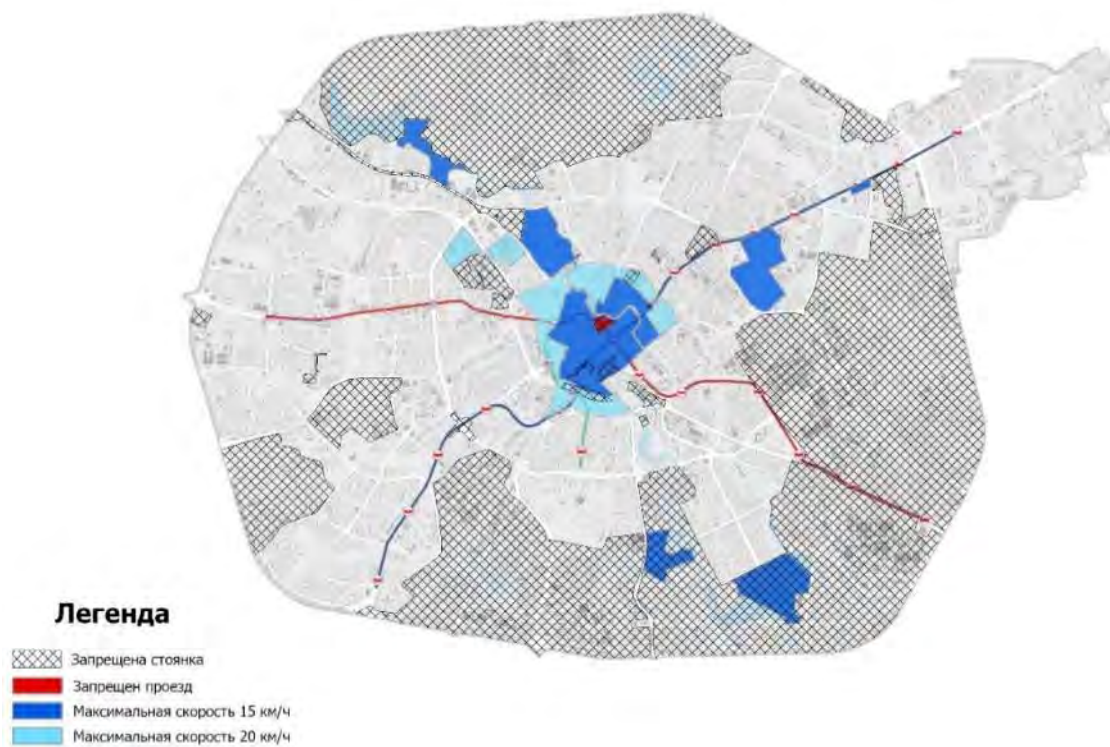


Рис. 2. Схема г. Минска с зонами проката JET

Зоны с ограничением максимальной скорости до 20 км/ч “обрамляют” зону с ограничением скорости до 15 км/ч и продолжаются примерно до первой кольцевой дороги.

Зоны с запрещенной стоянкой приурочены к паркам и “зеленым зонам”, промзонам, загруженным узким улицам в центре города, частному сектору. Так, эти зоны расположены на севере, востоке, юго-востоке, юге и юго-западе Минска.

Были сопоставлены зоны без обременений для движения на электросамокатах в приложениях компаний, зоны с обременениями, под которыми понимаются зоны с запрещенным проездом и запрещенной стоянкой (рис. 3-4).

Исходя из картограмм и таблицы пресечений можно сделать вывод, что большинство зон совпадают, так инструмент таблица пересечений выдает результат в 72 %, т.е. площади зон пересекаются на более чем 70 %.

С помощью инструментов Пересечение и Таблица пересечений были получены данные о корреляции расположения зон скоростных режимов при движении на электросамокатах с «зелеными зонами», для определения «зеленых зон» были использованы данные из OSM, которые вручную дорабатывались (рис. 5-6).

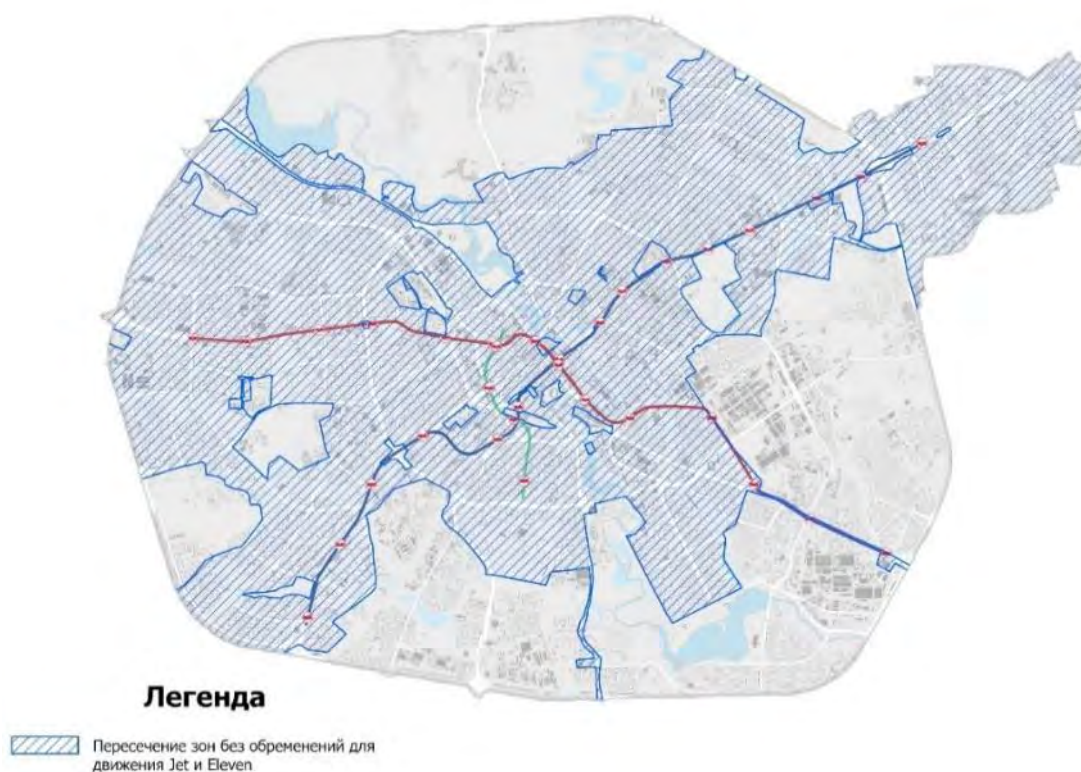


Рис. 3. Картограмма пересечений зон без обременений для движения на электросамокатах компаний JET и ELEVEN г. Минска

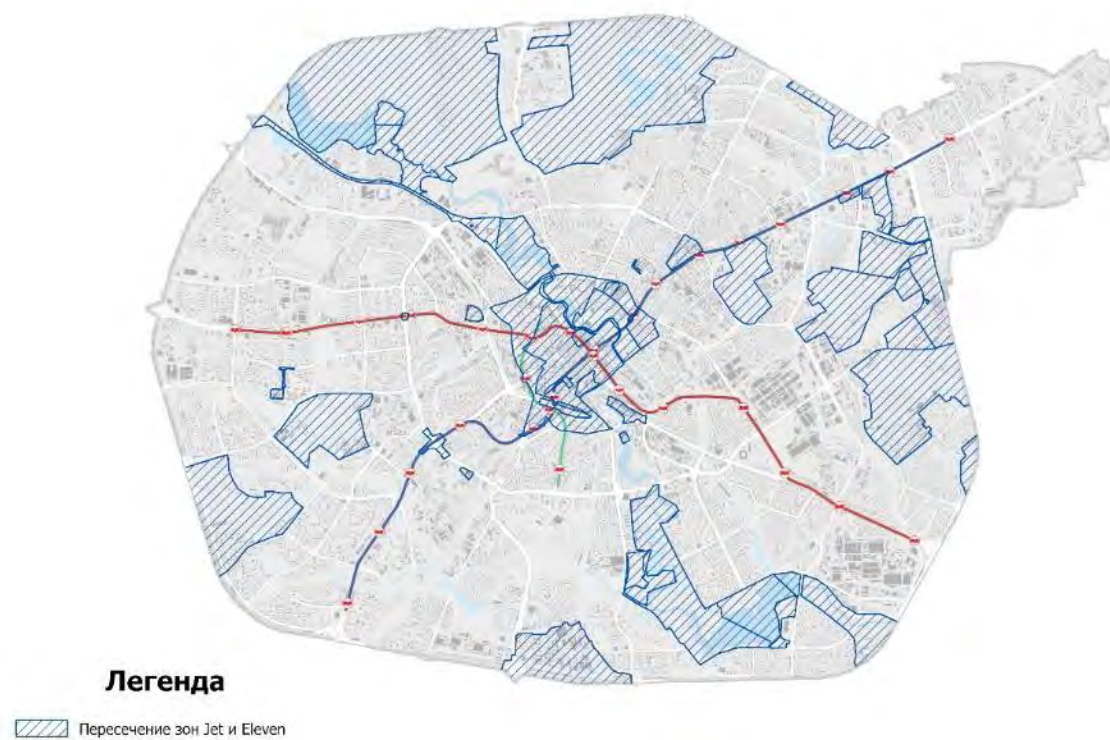


Рис. 4. Картограмма пересечений зон с обременениями для движения на электросамокатах компаний JET и ELEVEN г. Минска

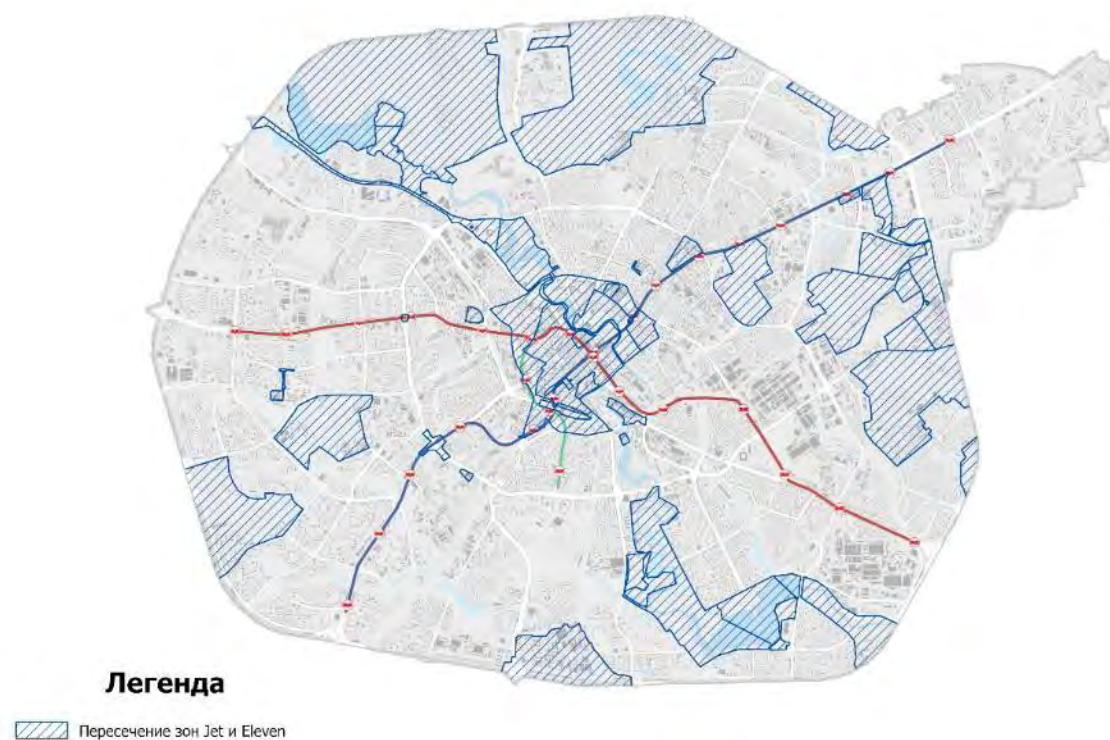


Рис. 5. Картограмма пересечений зон движения на электросамокатах компаний JET и ELEVEN с «зелеными зонами» г. Минска

MaxSpeed	AREA	PERCENTAGE
1	0,004608	59,667913
15	0,000959	63,861087
20	0,000062	11,300069

MaxSpeed	AREA	PERCENTAGE
1	0,005637	38,29698
15	0,000921	62,909562
20	0,000062	9,251729

Рис. 6. Таблицы пересечений зон движений на электросамокатах компаний ELEVEN и JET с «зелеными зонами» соответственно

В поле MaxSpeed указано ограничение максимальной скорости движения в 15 и 20 км/ч, а единица относится к зонам с запретом на стоянку.

Исходя из данных таблицы следует, что существует явная корреляция около 62% между зонами с максимальной скоростью до 15 км/ч и «зелеными зонами» у двух компаний. Также видна корреляция зон с запретом на стоянку компании ELEVEN с «зелеными зонами», процент перекрытия площадей равен 60%.

В перспективах следует изучить распространение парковочных мест для самокатов, количество свободных электросамокатов, зон с ограничениями для передвижения самокатов относительно населенности районов, транспортных узлов, направлений пассажироперевозок, времени суток и дня недели. Необходимо сделать выводы на основе полученных данных и разработать модель, которая позволит находить места для новых парковок, маршрутов, велодорожек, прогнозировать количество требующихся самокатов на парковки.

Библиографический список

1. Eleven – Micromobility Company [Электронный ресурс]. URL: <https://eleven.city> (дата обращения: 10.11.2023).
2. Jet. JET Sharing [Электронный ресурс]. URL: <https://jetshr.com/rb/index.html> (дата обращения: 10.11.2023).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРА SNIFFER4D V2.0 ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА ВНУТРЕННЕГО ДВОРИКА БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

А. А. Сазонов, А. Л. Киндеев, А. П. Богадевич, Е. С. Фруль

*Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская, 16,
220006, г. Минск, Беларусь, bsugislab@gmail.com*

В статье приводятся методические рекомендации по оценке качества приземного воздуха, обработки данных и интерпретации результатов с помощью газоанализирующей модульной системы Sniffer 4D V2 на примере внутреннего двора Белорусского государственного университета. Результаты показывают, что комплекс зданий БГУ является барьером на пути веществ, поступающих с ул. Бобруйская, Ленинградская, пр. Независимости и железнодорожного вокзала.

Ключевые слова: загрязнение воздуха; газоанализатор Sniffer4D; диоксид серы (SO₂); аммиак (NH₃); содержание пыли (PM1/2.5/10).

USING THE SNIFFER 4D V2.0 GAS ANALYZER TO ASSESS THE AIR QUALITY OF THE PATIO OF THE BELARUSIAN STATE UNIVERSITY

A. A. Sazonau, A. L. Kindeev, A. P. Bogadevych, E. S. Frul

*Belarusian State University, str. Leningradskaya, 16,
220006, Minsk, Belarus, bsugislab@gmail.com*

The article provides methodological recommendations for the assessment of surface air quality, data processing and interpretation of results with the help of the Sniffer 4D V2 gas analysis model system on the example of the courtyard of the Belarusian State University. The results show that the complex of buildings of BSU is a barrier to substances coming from ul. Bob-ruyskaya, Leningradskaya, Ave. Nezavisimosti and the railway station.

Keywords: air pollution; gas analyzer Sniffer4D; sulfur oxide (SO₂); ammonia (NH₃); dust content (PM1/2.5/10).

Загрязнение воздуха оказывает прямое и косвенное воздействие на здоровье человека, экосистемы и климат, с соответствующими экономическими и социальными издержками [1].

Колоссальное воздействие на здоровье человека доказано многочисленными исследователями, как в области медицины, так и в метеорологии, климатологии и экологии. Существует множество доказательств того, что как острое, так и хроническое воздействие загрязнения воздуха, особенно

крупных и мелких частиц, увеличивает заболеваемость и смертность населения [2].

Загрязнение атмосферы также является основным фактором деградации материалов, которые являются компонентами конструкций и зданий, что приводит к экономическим потерям из-за высоких затрат на техническое обслуживание, ремонт, реконструкцию и очистку [3].

Наиболее агрессивными загрязнителями влияющими, как на здоровье населения и загрязнение экосистем, так и на процессы разрушения материалов зданий и памятников являются аммиак (NH_3), диоксид углерода (CO_2), диоксид серы (SO_2) и атмосферные частицы разного диаметра ($\text{PM } 1/ \text{PM}_{2,5}$ и т.д.) [4].

Вышесказанное определяет значимость проведения исследований по мониторингу состояния атмосферного воздуха, картографированию и моделированию пространственного распределения загрязнителей и разработки рекомендаций по уменьшению влияния их на общество. Мониторинг проводится в пунктах мониторинга, которые образуют единую сеть по всей стране, насчитывающую всего 56 станций из которых только 5 приходится на г. Минск, что, учитывая размеры города, не позволяет получать репрезентативную информацию о состоянии атмосферного воздуха в городе.

Решением описанных задач является использование современных геоинформационных технологий и специализированных приборов, одним из которых можно считать газоанализатор Sniffer4D V2.0. Данный прибор предназначен для измерения загрязняющих веществ в воздухе на разных высотах, как с помощью интеграции с квадракоптерами, так и автономно, при измерении качества приземного воздуха. Гибкость в изменении конфигурации своих датчиков в соответствии с их сферой деятельности и бюджетом прибор может измерять до 9 показателей – $\text{PM } 1/2.5/10$ (пыль разного размера 1 мм, 2,5 мм, 10 мм), SO_2 (оксид серы), CO (монооксид углерода) NO_2 (оксид азота), NH_3 (аммиак), C_xH_y (углеводороды), LEL (концентрационные пределы распространения пламени), CH_4 (метан), CO_2 (двуокись углерода), H_2S (сероводород).

Для проверки работоспособности данного прибора был выбран внутренний дворик Белорусского государственного университета, расположенный в центре г.Минска, окруженный двумя большими автомобильными дорогами (ул. Бобруйская и пр-т. Независимости), а также небольшой ул. Ленинградской и находящейся в непосредственной близости от центрального железнодорожного вокзала (рис. 1). Наличие интенсивного автомобильных потоков на указанных улицах и близость железнодорожных путей предполагают наличие рисков значительного загрязнения воздуха

на прилегающем к ним пространстве, требующего детального картографирования и изучения, которое может быть выполнено с помощью Sniffer4D V2.0.

Прибор работает с программным обеспечением Sniffer4D Mapper, позволяющее отображать качество воздуха и распространение загрязнений в виде сетки, изолинии или трехмерного графика (рис. 1). Также позволяет подгружать детализированные ортофотоснимки для лучшей пространственной привязки к местности.

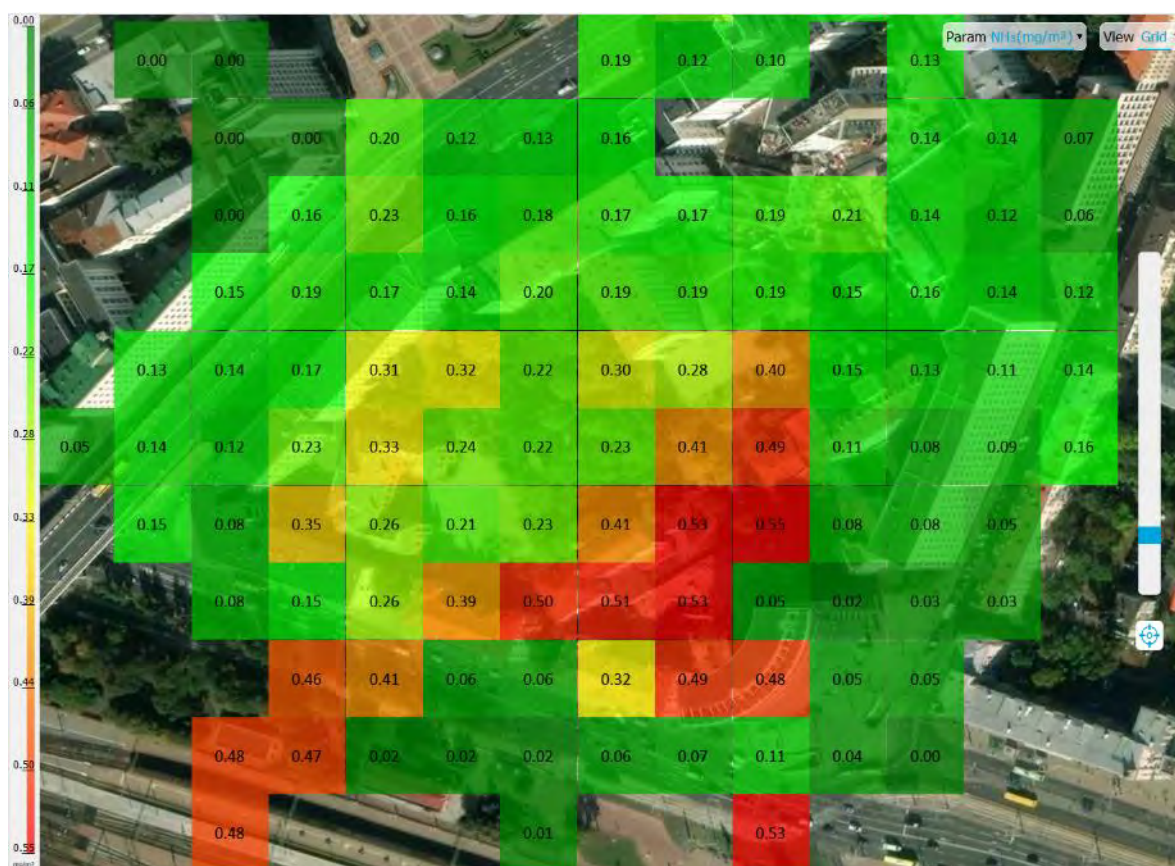


Рис. 1. Рабочее окно Sniffer4D Mapper (NH₃, мг/м³ 10-13.10.2023 г.)

Непосредственно в настоящем исследовании измерения проводились в ручном режиме без использования квадрокоптера с системой RTK, дающая возможность высокоточного позиционирования прибора, в связи с этим алгоритм выполнения работ состоял из следующих этапов:

1. Проход по заранее известному маршруту с датчиком, прикрепленном на штатив высотой 2 м. с остановками в «контрольных» точках» с настроенной частотой измерений в 1 сек;
2. Выгрузка точечных измерений из Sniffer4D Mapper и импортированием их в ArcGIS.

3. Корректирование расположение точек измерения по линейным объектам маршрута измерений (рис. 2);
4. Создание интерполяционных картограмм загрязнения воздуха и их графическое оформление (рис. 3-5).

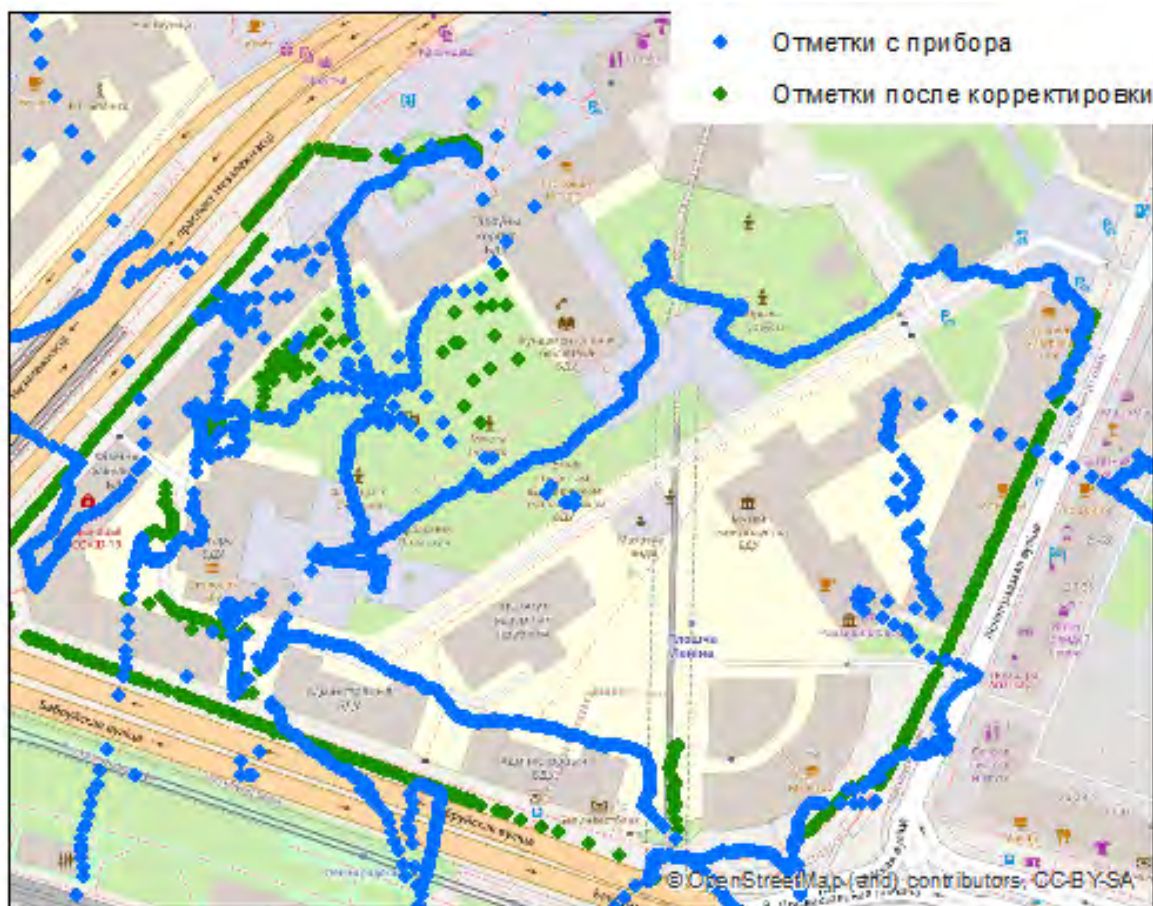


Рис. 2. Точки отбора проб

Для апробации были выбраны показатели NH_3 и CxHy / LEL / CH_4 , PM10 (рис. 3-5).

Методом сплайна с барьерами значения были интерполированы на территорию внутреннего двора БГУ. Пространственное разрешение модели установлено в 1 м, в качестве барьеров использовались контуры фундаментов зданий.

Sniffer 4D и ПО Sniffer4D Mapper позволяют проводить контроль измерений в режиме реального времени через сервер производителя и встроенный 4G-модем, что облегчает контроль за выполнением работ.

Встроенная система позиционирования газоанализатора имеет все недостатки систем подобного рода и дает значительные погрешности там,

где есть «слепые» зоны для приемников ГНСС. Так как специалист с прибором двигался с известной скоростью по основным пешеходным путям, по временным отметкам местоположения точек было скорректировано с учетом дорожной сети (рис. 2).

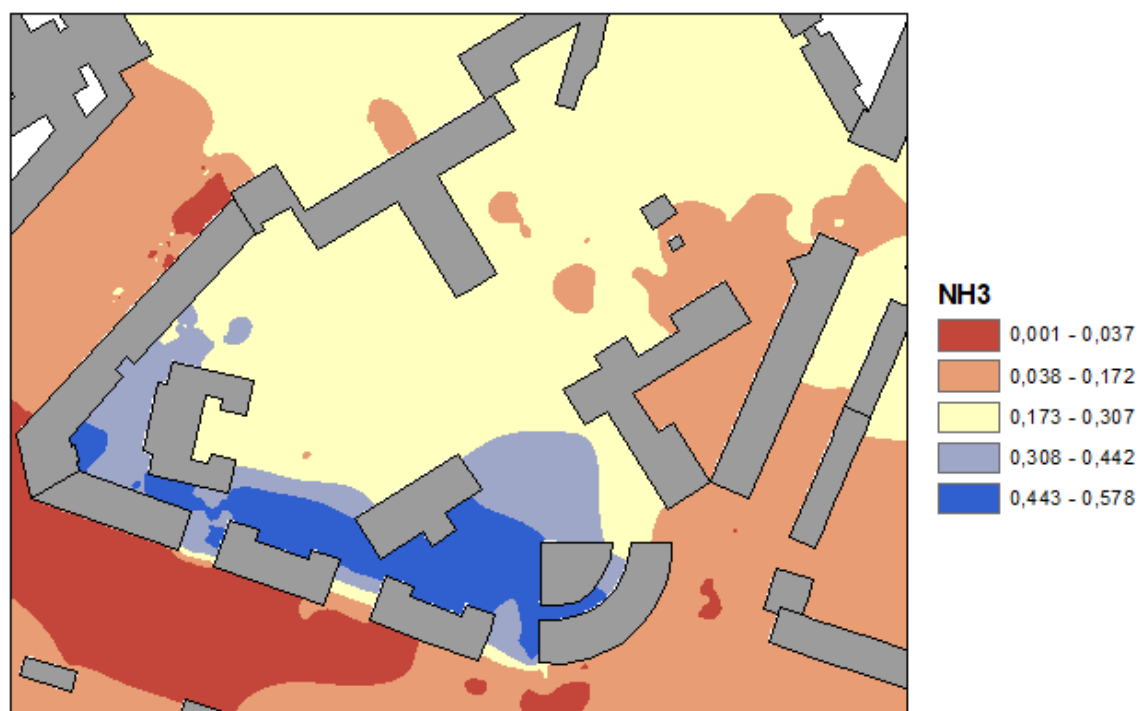


Рис. 3. Содержание NH₃

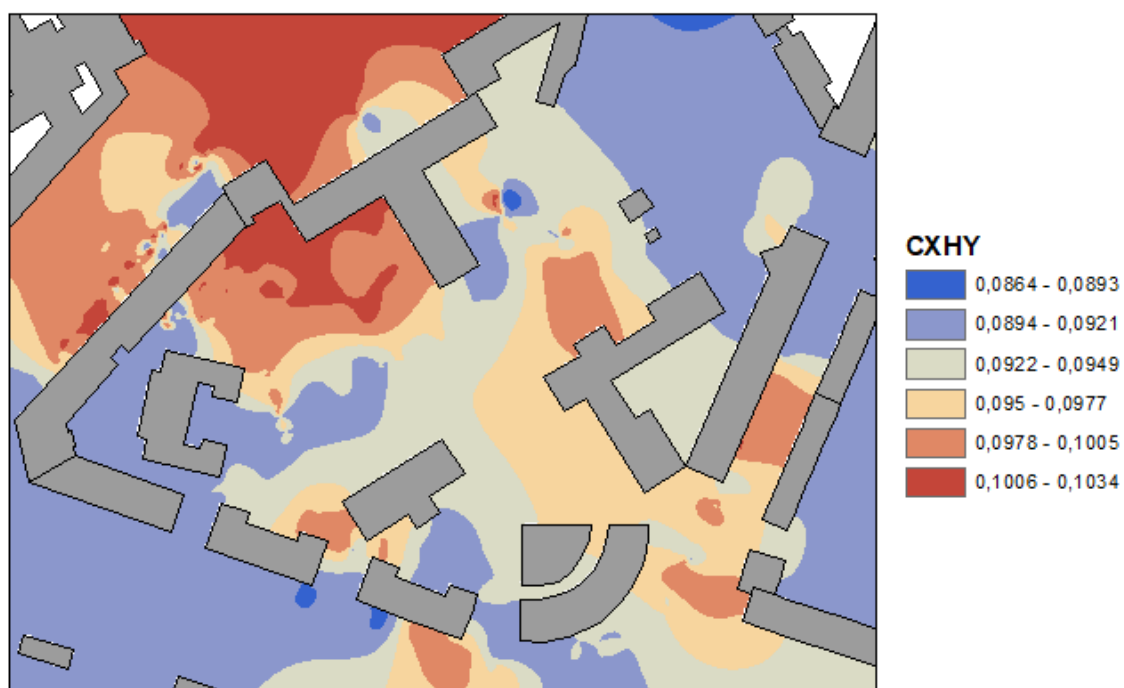


Рис. 4. Содержание CxHy / LEL / CH₄

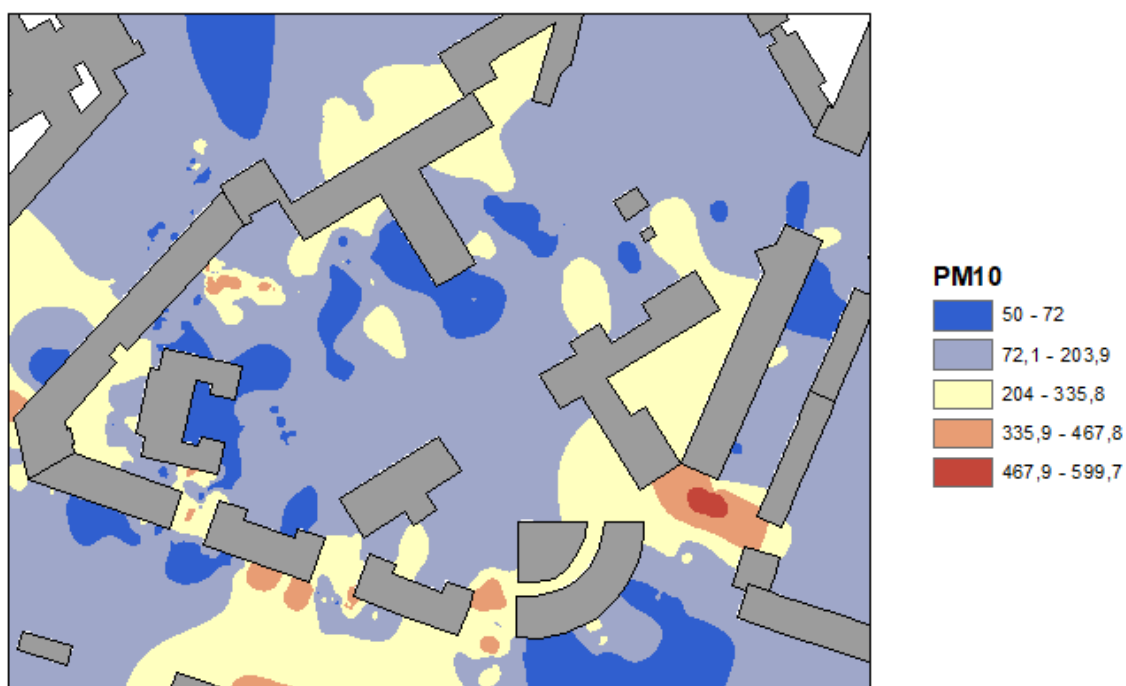


Рис. 5. Содержание PM10

Имеющийся в наличии прибор одновременно проводил замеры следующих показателей:

- | | |
|----------------------|-----------------------------------|
| 1. PM2.5/10; | 6. CxHy / LEL / CH ₄ ; |
| 2. SO ₂ ; | 7. CO ₂ ; |
| 3. CO; | 8. H ₂ S; |
| 4. NO ₂ ; | 9. Влажность; |
| 5. NH ₃ ; | 10. Температура воздуха; |

Анализ картограмм показывает закономерности распределения веществ в воздухе, в первую очередь связанные с местонахождением источников поступления веществ в атмосферу и влиянием зданий и сооружений.

Комплекс зданий БГУ является в некотором роде барьером, отделяющим внутреннее пространство двора от влияния внешних факторов, таких как выбросы автомобильных транспортных средств с улиц, вокзала, и является открытым только со стороны прохода между проспектом Независимости и ул. Ленинградской. Наибольшие концентрации веществ можно связать с выбросами транспортных средств, объектов инженерной инфраструктуры внутри двора.

Библиографические ссылки

1. *Dechezleprêtre A., Rivers N., Stadler B.* The economic cost of air pollution: Evidence from Europe. 2019.
2. *Liu C.* Ambient particulate air pollution and daily mortality in 652 cities // *New England Journal of Medicine*. 2019. T. 381. №. 8. С. 705-715.
3. *Leygraf C.* Atmospheric corrosion. John Wiley & Sons, 2016.
4. *Camuffo D., Bertolin C.* Unfavorable microclimate conditions in exhibition rooms: Early detection, risk identification, and preventive conservation measures // *Journal of Paleontological Techniques*. 2016. T. 15. С. 144-161.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПО МАТЕРИАЛАМ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЪЕМКИ

Ю. С. Давидович¹⁾, Е. С. Фруль²⁾, А. Н. Червань³⁾, В. А. Сипач⁴⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь, email: seg98001@gmail.com;

²⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь, email: zhenyafrul@yandex.ru

³⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 2203030, Беларусь, email: chervanalex@mail.ru;

⁴⁾ УП «Геоинформационные системы», ул. Сурганова, 6, 220012, Беларусь, email: slava-sipach@tut.by

В работе представлены результаты интерактивного распознавания природных и антропогенных объектов по материалам радиолокационной съемки. Подробно рассмотрены методические вопросы обработки и использования аэрокосмических снимков радиодиапазона при автоматизированном дешифрировании видов земель КФХ «Гутько С.». В работе использовались данные спутника Европейского космического агентства Sentinel-1A осеннего сезона съемки. Произведена оценка точности рассмотренных методов классификаций.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования Земли; виды земель; радиолокационная съемка; тематическое дешифрирование.

AUTOMATED INTERPRETATION OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC OBJECTS FROM RADAR IMAGE

Y. S. Davidovich¹⁾, E. S. Frul²⁾, A. N. Chervan³⁾, V. A. Sipach⁴⁾

¹⁾ Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, 220030, Belarus, email: seg98001@gmail.com;

²⁾ Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, 220030, Belarus, email: zhenyafrul@yandex.ru

³⁾ Belarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, 220030, Belarus, email: chervanalex@mail.ru;

⁴⁾ UE «Geoinformation systems», 6 Surganova Street, 220012, Belarus, email: slava-sipach@tut.by

The paper presents the results of interactive recognition of natural and anthropogenic objects based on radar survey materials. The methodological issues of processing and using aerospace radio images for automated interpretation of types of lands of the peasant farm «Gutko S.» are considered in detail. The work used data from the European Space Agency's Sentinel-1A satellite during the autumn survey season. The accuracy of the considered classification methods was assessed.

Keywords: Earth remote sensing data; types of land; radar survey; thematic interpretation.

На данный момент фонд данных дистанционного зондирования Земли представлен как материалами оптического диапазона длин волн, так и радиолокационными. Сегодня доля последних существенно возросла в связи с тем, что Европейское космическое агентство запустило на околоземную орбиту два спутника – Sentinel-1A и Sentinel-1B, оснащенных радиолокационной аппаратурой. Полученные ими материалы находятся в свободном доступе, что открывает новые возможности для специалистов в области тематического дешифрирования и картографирования.

Радиолокационная съемка обладает рядом отличительных особенностей, по сравнению со съемками в оптическом диапазоне. Во-первых, она относится к активным видам зондирования и позволяет вести съемку независимо от времени суток и погодных условий. Во-вторых, применяемые в ней электромагнитные волны радиодиапазона обладают высокой проникающей способностью, которая возрастает при увеличении длины волны, что дает возможность изучить интересующий объект на нужной исследователям глубине [1]. Специалистами рассматривалась возможность использования радиолокационной съемки для изучения почв и растительности, однако, на данный момент это направление не является достаточно разработанным [2–4].

Объектом исследования данной работы являются природные и антропогенные объекты КФХ «Гутько С.» (различные виды земель). Предмет исследования – снимки радиолокационного диапазона длин волн и возможности их использования при автоматизированном дешифрировании видов земель. Целью исследования является изучение методических вопросов использования аэрокосмических снимков радиодиапазона при автоматизированном дешифрировании видов земель КФХ «Гутько С.».

Для автоматизированного дешифрирования видов земель по данным дистанционного зондирования Земли радиолокационного диапазона длин волн использовались снимки осеннего сезона съемки (24.10.2022 г.), полученные в С-диапазоне (длина волны 6 см), двух поляризаций – вертикально-вертикальной (ВВ) и вертикально-горизонтальной (ВГ), с пространственным разрешением 10 м.

В качестве дополнительных источников информации об исследуемых объектах использовались данные наземного и визуального дешифрирования (по данным мультиспектрального космического снимка с пространственным разрешением 10 м, полученного съемочной системой Sentinel-2).

Предварительная обработка радиолокационных снимков производилась в программном продукте SNAP Desktop. Она включала в себя:

1. загрузку данных орбиты;
2. выделение фрагмента для обработки информации (в целях сокращения времени обработки снимка);
3. удаление тепловых шумов (поправка в рассеянии порядка -27 – -33 дБ);
4. радиометрическая калибровка (использовались параметры калибровки, принятые по умолчанию);
5. некогерентное накопление (Multilooking) (выполняется усреднение отсчетов снимка, что сокращает время его обработки и размер готового файла).
6. фильтрация speckle-шума (Single Product Speckle Filter, параметры: Filter: Lee, Filter Size X: 3, Filter Size Y: 3).
7. Terrain Correction (Range-Doppler Terrain Correction). Оригинальный SAR-снимок отображается перевернутым – т.е. в том порядке, в котором были получены данные. Для его представления на карте нужно выполнить Terrain Correction. Параметры: Map Projection: UTM/WGS84.

В качестве основы для классификации использовался синтезированный снимок, полученный при комбинации изображений различных поляризаций (рис. 1).

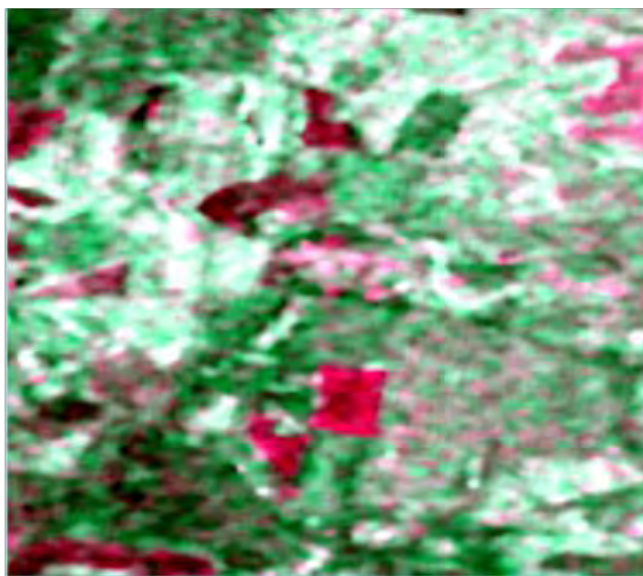


Рис. 1. Синтезированное радиолокационное изображение
(R – BV; G – BG; B – BB/BG)

Далее производилось создание обучающей выборки для каждого класса. Обучающие выборки – это совокупности пикселей (значений спектральной яркости) в пределах эталонного участка, для которых известно, что они относятся к определенному классу (на основе, например, визуального дешифрирования, подтвержденного наземными обследованиями). Выбор эталонных участков производился с помощью инструмента Region

of Interest (ROI) Tool программного продукта ENVI 5.6. Было выделено 5 классов: болота, луговые земли, населенные пункты, пахотные земли и древесно-кустарниковая растительность.

Автоматизированная классификация видов земель производилась в программном продукте ENVI 5.6. В качестве основных использовались методы классификации с обучением: метод максимального правдоподобия, расстояния Махаланобиса, минимального расстояния, параллелепипедов и нейросетевая классификация (с использованием логистической функции классификации).

Способ максимального правдоподобия предполагает, что статистические данные для каждого класса в каждом канале подчиняются закону нормального распределения. Плотность вероятности принадлежности пикселя к определенному классу вычисляется с использованием теоремы Байеса в качестве решающего правила. Пиксель относится к тому классу, вероятность принадлежности к которому наибольшая [5].

Классификация способом расстояния Махаланобиса использует статистику для каждого класса. Расстояние Махаланобиса определяется как расстояние от наблюдаемой точки до центра тяжести класса в многомерном пространстве, определяемом коррелированными (не ортогональными) переменными, т.е. это расстояние между заданной точкой и центром масс, деленное на ширину эллипсоида в направлении заданной точки. Эта мера позволяет определить, является ли данное наблюдение выбросом по отношению к остальным значениям независимых переменных. Если независимые переменные некоррелированы, то расстояние Махаланобиса совпадает с евклидовым расстоянием [5].

При классификации способом параллелепипеда в данный класс включаются пиксели, значения яркости которых отстоят от среднего обучающей выборки в том же канале меньше, чем на заданное количество значений стандартного отклонения от среднего. Для выборки, значения которой распределены в соответствии с нормальным законом, 99,73% ее значений лежат в пределах отклонений от среднего значения меньше, чем 3 значения стандартного отклонения. Если обрисовать полученные области классов на плоскости (двумерное пространство признаков), полученная фигура будет прямоугольником, в трехмерном – параллелепипедом [5].

Способ минимального расстояния основан на алгоритме, в соответствии с которым объекты относят к тому или иному классу по евклидовому расстоянию в пространстве спектральных индексов между классифицируемыми и эталонными признаками: пиксель включается в тот класс, расстояние до центра которого для него минимально [5].

Алгоритм нейросетевой классификации в ENVI 5.6 использует стандартный алгоритм обратного распространения, являющийся эффективным алгоритмом обучения персептронов. В ENVI 5.6 представлено два варианта функций активации – логистическая и гиперболическая. В данном случае использовалась логистическая функция активации. График логической функции имеет S-образную форму (сигмоида), при этом выходные значения лежат в интервале (0, +1). Этот тип функции активации используется в нейронных сетях наиболее часто [5].

Для определения достоверности проведенного анализа производилась оценка точности классификации. ENVI 5.6 предоставляет возможность такого анализа посредством матрицы несоответствий, с расчетом точности пользователя и производителя, общей точности, коэффициента Каппа, ошибок пропуска и ложного определения. Сводная таблица по оценке точности классификации видов земель различными способами представлена ниже.

Оценка точности классификации различных видов земель по данным радиолокационной съемки

Метод классификации	Средняя точность производителя	Средняя точность пользователя	Общая точность	Коэффициент Каппа	Средняя ошибка ложного определения	Средняя ошибка пропуска
Максимального правдоподобия	34,53	35,76	33,24	0,20	44,24	65,47
Расстояния Махаланобиса	43,57	39,69	42,11	0,27	60,31	56,43
Минимального расстояния	37,89	37,12	49,84	0,31	62,88	62,11
Параллелепипедов	26,15	38,99	17,14	0,10	61,01	73,85
Нейросетевой	33,74	41,73	77,10	0,55	18,27	63,26

Как мы видим из представленной таблицы, наиболее точным методом автоматизированной классификации в нашем случае является нейросетевой (с логистической функцией активации). При использовании данного метода наблюдаются наибольшие значения общей точности классификации, коэффициента Каппа и средней точности пользователя. Также при его использовании наблюдается наименьшая средняя ошибка ложного определения. Результат нейросетевой классификации представлен на рисунке 2.

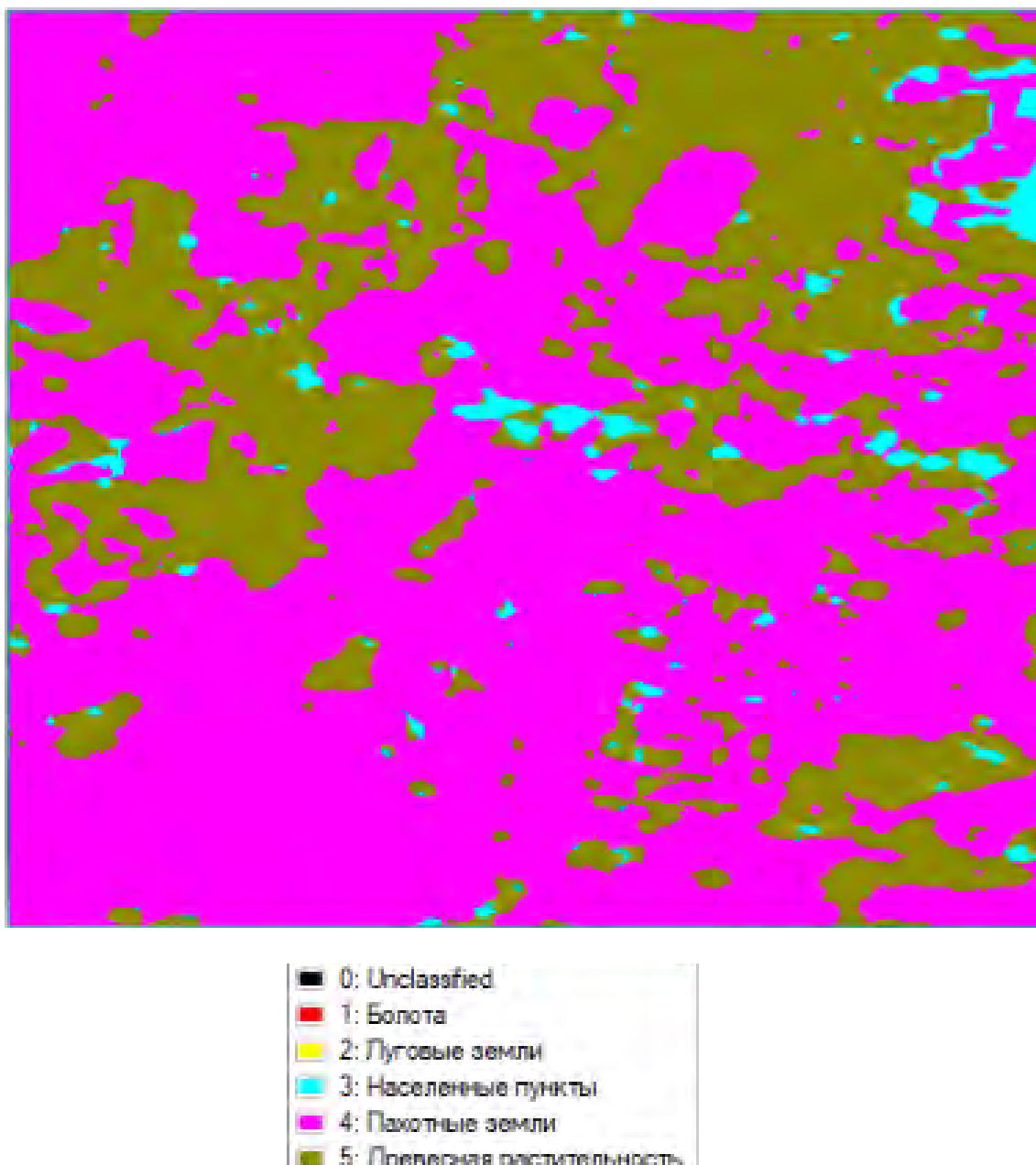


Рис. 2. Результат классификации видов земель по материалам радиолокационной съемки нейросетевым методом

Остальные рассмотренные методы классификации с обучением показали примерно одинаковые результаты, за исключением способа параллелепипедов, при использовании которого отмечается высокий уровень неклассифицированных и ошибочно классифицированных пикселей.

Представленные результаты показывают, что использование автоматизированных методов классификации с обучением можно использовать не только для снимков оптического и инфракрасного диапазона длин волн,

но также и для материалов радиолокационных съемок. При выборе материалов дистанционных съемок для тематического картографирования радиолокационная съемка имеет важное преимущество над съемками оптического диапазона, так как радиолокационные снимки можно получить при любых погодных условиях и любое время суток. Для дешифрирования и картографирования видов земель, почвенно-растительного покрова выбор материалов радиолокационной съемки необходимо производить с учетом масштаба исследований, пространственного разрешения, частотного диапазона радиометра, сезона и режима съемки, а также условий обработки снимков.

Библиографические ссылки

1. *Шалькевич Ф. Е., Курьянович М. Ф.* Тематическое дешифрирование: пособие. Минск: БГУ, 2022. 131 с.
2. *Silva E. A.* Cartography and remote sensing in the Amazon – The Sivam Project // ISPRS Archives – ISPRS Commission IV Symposium GIS Between Visions and Applications, September 7–10, 1998. Vol. XXXII. P. 580–585.
3. *Балдина Е. А., Чеснокова О. А.* Радиолокационное зондирование Земли для географических исследований // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 1. С. 16–21.
4. *Давидович Ю. С.* Использование материалов радиолокационной съемки при дешифрировании почвенно-растительного покрова типов земель Белорусского Полесья // Фундаментальные и прикладные исследования в гидрометеорологии [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию каф. общего землеведения и гидрометеорологии Белорус. гос. ун-та, Минск, 11–13 окт. 2023 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: П. С. Лопух (гл. ред.), Ю. А. Гледко, Е. В. Логинова. Минск: БГУ, 2023. С. 643–659.
5. ENVI 5.1. Руководство пользователя. М.: Компания «Совзонд», 2014. 242 с.

РАЗДЕЛ II

ГИС В УПРАВЛЕНИИ ООПТ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

ОЦЕНКА АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДА МИНСКА ДИОКСИДОМ АЗОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ СПУТНИКА SENTINEL 5P

М. В. Бируков¹⁾, Т. В. Шлендер^{1,2)}

¹⁾ Факультет географии и геоинформатики БГУ,

²⁾ Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь, maxbirukov2004@gmail.com

Исследована проблема загрязнения воздуха городов диоксидом азота и его связи с поверхностной земной температурой г. Минска с помощью спутниковых данных SENTINEL-5P и MODIS. Особенности загрязнения приземных слоев атмосферы представлены посредством анализа картосхем, построенных при помощи платформы Google Earth Engine и ГИС QGIS для периода 2019-2022 гг. и конкретных случаев загрязнения.

Ключевые слова: диоксид азота; Google Earth Engine; предельно допустимая концентрация; температура земной поверхности.

ASSESSMENT OF AIR POLLUTION IN BELARUSIAN CITIES BASED ON SENTINEL-5P SATELLITE DATA

M. V. Birukov¹⁾, T. V. Schlender^{1,2)}

¹⁾ Faculty of Geography and Geoinformatics of Belarusian State University,

²⁾ National Ozone Monitoring Research Center of Belarusian State University,
Minsk, Republic of Belarus, maxbirukov2004@gmail.com

The problem of urban air pollution by nitrogen dioxide using SENTINEL-5P and MODIS satellite data are investigated. The peculiarities of pollution of the surface layers of the atmosphere are presented by analyzing the cartograms built with the help of Google Earth Engine platform and QGIS GIS based on Sentinel-5P and MODIS satellite images in 2019-2022.

Keywords: air pollution; nitrogen dioxide emissions, satellite images, Sentinel-5P, MODIS, QGIS, Google Earth Engine, maximum permissible concentration, land surface temperature.

Определение городского острова загрязнения было введено относительно недавно [1] для обозначения временных и пространственных изменений в концентрации загрязняющих веществ города и пригорода. Различия между пригородными, мегаполисы и сельские регионы определяют интенсивность городского загрязнения по аналогии с интенсивностью городского острова тепла. Остров тепла и загрязнение воздуха являются зависимыми явлениями [1]. Высокие температуры воздуха приземного слоя ускоряют специфические химические реакции, большинство из которых приводят к увеличению образованию приземных загрязнителей воздуха, которые в свою очередь имеют обратный усиливающий эффект на температуру приземного воздуха в городе [2, 3].

В настоящее время спутниковые измерения диоксида азота (NO_2) стали важной составной частью мониторинга и анализа качества воздуха, экологических и климатических исследований. Эти измерения обрели огромное значение благодаря своей способности предоставлять информацию о распределении и концентрации NO_2 , а также о воздействии антропогенных действий на окружающую среду [4].

Диоксид азота – это продукт сжигания горючих материалов и промышленных процессов, а также важный индикатор антропогенного загрязнения воздуха. Его высокие концентрации могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду, включая участие в образовании смога и воздействие на климат. Спутниковые измерения NO_2 позволяют мониторить и анализировать изменения концентрации этого газа на больших территориях, что особенно важно для исследования городской и региональной атмосферной динамики способной отследить загрязнение воздуха.

Целью данной работы является определение степени загрязнения воздуха диоксидом азота г. Минска и его связи с островом тепла.

Для быстрого и эффективного получения спутниковых снимков диоксида азота Sentinel – 5P и поверхностной температуры MODIS использовался Google Earth Engine (GEE) – облачная платформа для геопространственного анализа данных [5], где сразу же обрабатывались спутниковые снимки в среднее значение (среднегодовые, среднедневные). Далее снимки диоксида азота и поверхностной температуры редактировались в ГИС QGIS с учетом пересчета полученных значений концентраций диоксида азота снимков Sentinel – 5P в ppb и мкг/м^3 для сравнения со значениями предельно допустимых концентраций (ПДК), которые представлены в мкг/м^3 .

Пересчет спутниковых единиц моль/м^2 общего содержания диоксида азота в концентрацию в приземном слое в ppb и мкг/м^3 осуществлялся для столетрового приземного слоя с использованием функции ГИС QGIS "калькулятор растров" по формуле:

$$c = \frac{TC[\text{моль/м}^2] \cdot 1\text{м}^2 \cdot M(\text{NO}_2)[\text{г/моль}] \cdot R \cdot T[\text{К}]}{L[\text{м}] \cdot 1\text{м}^2 \cdot p \cdot V \cdot M(\text{Air})[\text{г/моль}]} \cdot 10^9 [\text{ppb}],$$

где c – концентрация NO_2 в столетровом слое [ppb]; TC - общее содержание NO_2 по данным спутника Sentinel 5P [моль/м²]; $M(\text{NO}_2)$ – молекулярная масса NO_2 [г/моль]; R – универсальная газовая постоянная [Дж/моль·К]; T – температура воздуха [К]; L – высота приземного слоя 100 метров [м]; p – атмосферное приземное давление [Па]; V – рассматриваемый объем воздуха [м³]; $M(\text{Air})$ – молекулярная масса воздуха [г/моль].

$$c_2[\text{мкг/м}^3] = \frac{c_1[\text{ppb}] \cdot p \cdot M(\text{Air})[\text{г/моль}]}{10^3 R T},$$

где c_2 – концентрация NO_2 [мкг/м³]; c_1 – концентрация NO_2 рассчитанная по формуле (1) [ppb]; R – универсальная газовая постоянная [Дж/моль·К]; T – температура воздуха [К]; p – атмосферное приземное давление [Па]; $M(\text{Air})$ – молекулярная масса воздуха [г/моль].

Значения ПДК были взяты из гигиенических нормативов РБ для атмосферного воздуха населенных пунктов за 2021 год, которые представлены в таблице 2.1. Для анализа антропогенной активности в г. Минске использовались данные о величинах ПДК (мкг/м³) для диоксида азота и формальдегида, а в качестве фоновой концентрации принимались значения для Березинского заповедника.

Значения ПДК для загрязняющих газов в приземной атмосфере РБ [6]

Загрязняющие вещества	Значения ПДК, мкг/м ³		
	Макс.разовая	суточная	годовая
Азота диоксид	250	100 (25*)	40 (10*)

*ПДК по ВОЗ [1]

Анализ среднедневных многолетних значений тропосферных концентраций NO_2 над г. Минском и Березинским заповедником за период 2019-2022 гг. выявил некоторые особенности сезонного хода, а именно: максимум концентраций наблюдался осенью (сентябрь-октябрь) и в конце зимы-начало весны (февраль-март), а минимум – в летние месяцы, как показано на рисунке 1.

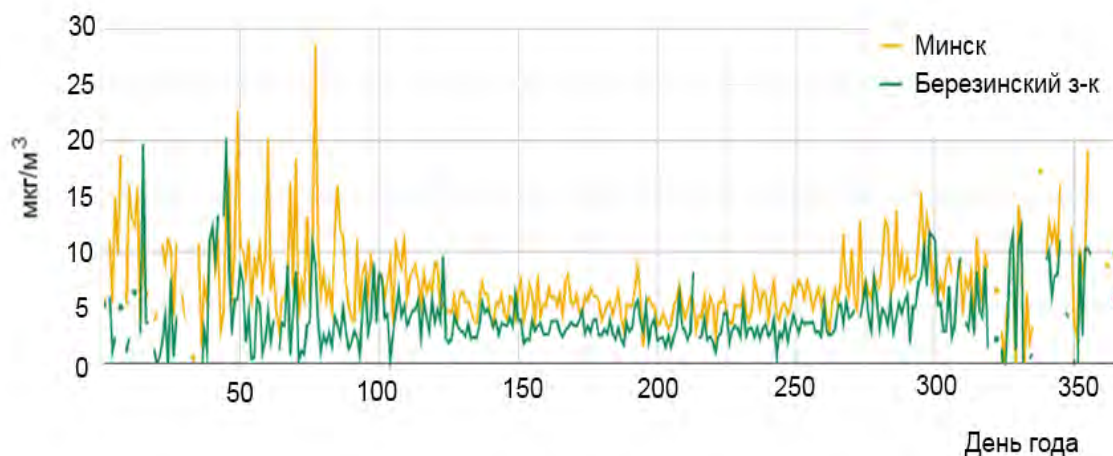


Рис. 1. Среднедневное многолетнее значение концентраций NO_2 за период 2019-2022 гг. для территории г. Минска и Березинского заповедника

Стоит отметить, что в зимние сезоны значительная часть спутниковых данных отфильтровываются из-за плохих погодных условий. Значения концентраций NO_2 в г. Минске значительно превышают фоновые значения Березинского заповедника в течении всего периода – в 2-3 раза в зависимости от сезона года (теплый период – в 1,5-2 раза; холодный период – в 2-3 раза).

Пространственные карты для значений тропосферных концентраций NO_2 для территории Минска за период 2019-2022 гг. иллюстрируют вариативность средних тропосферных концентраций в пределах 18-24 mcg/m^3 за отдельные года в рамках границ г. Минска. Тропосферные концентрации NO_2 в Минске за период 2019-2022 гг. не превышают среднегодовых значений ПДК NO_2 (40 mcg/m^3), что показано на рисунке 2 изолиниями. Но если оценивать по данным ВОЗ, где среднегодовой ПДК составляет 10 mcg/m^3 , то превышение среднегодовой концентрации NO_2 г. Минска от ПДК (ВОЗ) отличается в 2 раза. В целом, визуальное сравнение максимальных значений поверхностного острова тепла и острова загрязнения совпадают для границ г. Минска. Исследование распределения концентрации NO_2 показало, что изолинии относительно высоких концентраций NO_2 для г. Минска расположены за пределами границ города на расстояние до 15-20 км от МКАДа. По временной динамике максимальных концентраций NO_2 в рамках границ г. Минске 2020 год имеет меньшие значения (на 2-4 mcg/m^3) острова загрязнения в центре города, что может быть связано с событием пандемии COVID-19 в данный период.

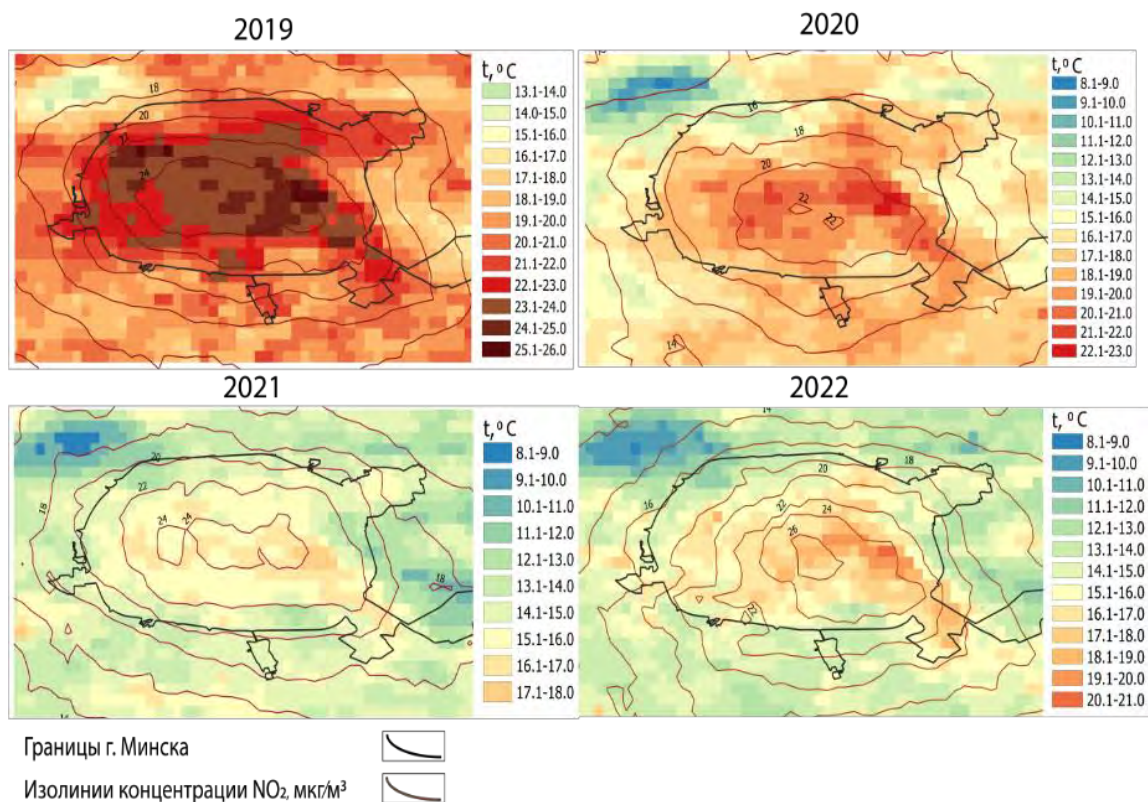


Рис. 2. Среднегодовые значения тропосферных концентраций NO_2 по данным Sentinel-5P и температуры земной поверхности по данным MODIS для территории г. Минска за период 2019-2022 гг.

Для рассмотрения конкретных случаев аномальных скачков концентраций NO_2 над г. Минском рассматривались события 2020 года, так как по данным спектрометра MARS-B [8] в этом году было несколько десятков случаев, которые отражали высокие значения концентраций NO_2 . Также не все эти случаи загрязнения были доступны полноценно по спутниковым снимкам и не все случаи превышали ПДК. В связи с этим, для изучения конкретного случая по спутниковым снимкам, было выбрано подходящее событие превышения ПДК NO_2 над г. Минском 26-28 марта 2020 года.

21-25 марта по данным Белгидрометцентра [9] наблюдался северный (15 % от всех направлений ветра в этот период) и северо-восточный ветер (48,5 % от всех направлений ветра в этот период). 26-28 марта 2020 года более 40 % всех направлений ветра составил штиль и 25 % - юго-восточное направление.

На рисунке 3 представлены картосхемы концентраций NO_2 и температуры земной поверхности на даты 26-28 марта 2020 года. Значения концентраций NO_2 отражены отфильтрованными изолиниями для выделения областей среднесуточных ПДК NO_2 (100 мкг/м^3) и близких к ним показателей. Соответственно, все что вне фильтра изолиний является фоновой

зоной концентраций NO_2 рассматриваемой территории. Но если использовать рекомендации ВОЗ по среднесуточному ПДК NO_2 (10 мкг/м^3), то область превышения ПДК значительно увеличится как внутри города, так и за его пределами.

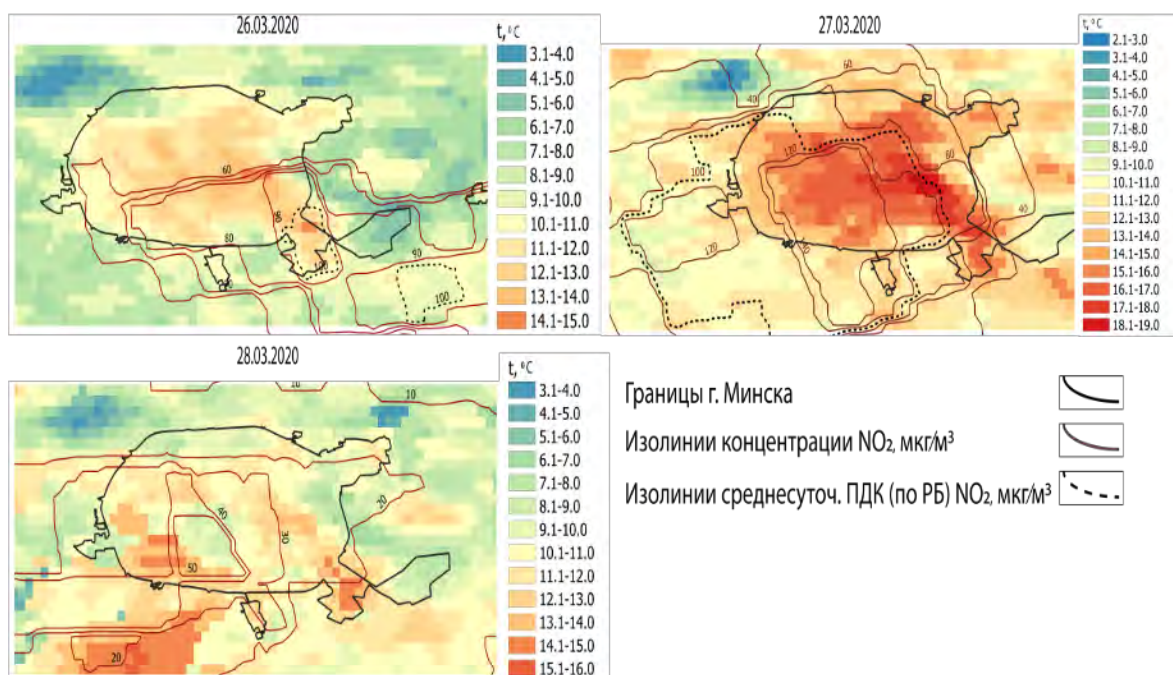


Рис. 3. Дневные значения тропосферных концентраций NO_2 по данным Sentinel 5P и температуры земной поверхности по данным MODIS для территории г. Минска за период 26-28 марта 2020 гг.

26 марта остров загрязнения был смещен на юго-восток г. Минска и распространялся далеко за пределы границ МКАД, до 30-35 км. Скорее всего этот эффект смещения был создан за счет северного ветра, который преобладал накануне. Превышения среднесуточного ПДК NO_2 в этот день наблюдалось на нескольких участках – м-н Шабаны (площадь превышения ПДК – $17,6 \text{ км}^2$) и район пос. Привольный (площадь превышения ПДК – $19,4 \text{ км}^2$). Максимальные температуры земной поверхности (13°C и выше) были характерны для центральной и юго-восточной части г. Минска.

27 марта были зафиксированы максимальные концентрации NO_2 , рассматриваемого периода, так как в этот день был слабый юго-восточный ветер. Площадь превышения среднесуточного ПДК ($374,5 \text{ км}^2$) распространялась далеко на юго-запад (до 9-13 км, а сам «остров загрязнения» - до 20 км) от границ г. Минска. Площадь превышения ПДК NO_2 в самом городе составила – $166,6 \text{ км}^2$. Ширина «острова» составила – 92,7 км, а

длинна – 34,7 км. Также это был самый теплый день из всех рассмотренных. Температура земной поверхности достигала 17-18 °С в центральной, восточной и юго-восточной части города.

28 марта превышений среднесуточного ПДК NO₂ не наблюдалось. Остров загрязнения распространялся далеко за город (до 25 км к юго-западу от МКАД). Максимальные температуры земной поверхности достигали 15 °С в основном в южной части города, которые территориально совпадали с максимальными концентрациями диоксида азота.

В конце марта отчетливо наблюдаются повышения тропосферных концентраций NO₂ в г. Минске по сравнению с фоновыми значениями. 25–26 марта повышение концентрации имело место на всех территориях, что можно объяснить глобальным общим переносом концентраций диоксида азота. Но превышения 27 марта имело место только в г. Минске и составило в 4-5 раз выше, чем над фоновой территорией, например, пригородных территорий или Березинского заповедника. Возможным объяснением такого превышения ПДК диоксида азота в г. Минске может быть несколько факторов. Первый – выбросы промышленных предприятий. Второй – повышенная плотность автотранспорта при въезде/выезде в город (основные проспекты – Дзержинского, Логойский тракт, Партизанский, Победителей).

Таким образом, превышения ПДК диоксида азота в г. Минске и зона его распространения зависят от антропогенных выбросов (промзоны и автотранспорта) и погодных условий (направление и скорости ветра). Скорее всего, степень нагрева подстилающей поверхности может зависеть не только от структуры материала самой поверхности, наличия выбросов промышленных предприятий, но и от интенсивности автомобильного трафика в г. Минске, так как рассмотренный случай выпал на четверг (26 марта), пятницу (27 марта) и субботу (28 марта), когда большая часть жителей выезжает из города, тем самым создавая пробки и повышенный выброс загрязнителей в приземную атмосферу.

Уникальность спутниковых данных по концентрации NO₂ в том, что отражает пространственный охват большой территории, где можно выделить зоны превышения ПДК или фоновые участки.

По данным совокупных наблюдений с использованием информации наземных пунктов, многоосевого спектрометра MARS-B и приборов на спутниковой платформе, остров загрязнения г. Минска в среднем распространяется в высоту до 100-150 метров, имеет ширину с запада на восток 45-55 км и протяженность с севера на юг 40-45 км. Таким образом, остров загрязнений может выходить за пределы границ города на расстояние до 15-20 км от МКАДа. Кроме того, остров загрязнения г. Минска постоянно

смещается в зависимости от направления ветра. В отдельные периоды времени происходит смещение острова загрязнений в каком-либо направлении в черте г. Минска и пригороде, в зависимости от преобладающего направления ветра, что может сказываться на качестве воздуха в спальных районах, особенно когда ветер имеет восточное, юго- и северо-восточное направление. В безветренную погоду загрязнения имеют тенденцию к накоплению. В зимний сезон наблюдается более высокие значения концентраций NO₂, чем летом. В связи с этим зимний период (с ноября по март) является самым грязным с точки зрения качества воздуха в г. Минске.

Библиографические ссылки

1. *Crutzen P. J.* New directions: the growing urban heat and pollution “island” effect - impact on chemistry and climate // *Atmos. Environ.* 2004. Vol. 38. P. 3539–3540.
2. *Elsayed I. S. M.* Mitigation of the urban heat island of the city of Kuala Lumpur, Malaysia. *Middle East Journal of Scientific Research.* 2012. № 11. P. 1602–1613.
3. *Sarrat C., Lemonsu A., Masson V., Guedalia D.* Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution. *Atmos. Environ.* 2006. № 40 (10). P. 1743–1758.
4. *Virghileanu M., Săvulescu I., Mihai B.-A., Nistor C., Dobre R.* Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak. *Remote Sensing.* 2020. № 12 (21). № 3575.
5. Google Earth Engine [Электронный ресурс]. URL: <https://code.earthengine.google.com/> (дата обращения: 04.09.2023).
6. Гигиенические нормативы 2.1.6.12-6-2006 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов в атмосферном воздухе населенных мест»: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 03.04.2006 г. № 41.
7. WHO [Электронный ресурс]. URL: <https://www.c40knowledgehub.org/s/article/WHO-Air-Quality-Guidelines> (дата обращения: 04.09.2023).
8. *Бручковский И. И.* Восстановление вертикального профиля концентрации тропосферной двуокиси азота по результатам измерений в Минске // *Журнал БГУ. Физика.* 2020. №1. С. 95–104.
9. Архив погоды городских метеостанций г. Минска, [Электронный ресурс]. URL: <https://rp5.by/> (дата обращения: 05.09.2023).

КОМПЛЕКСНОЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОЗЕРА ГЛУХОЕ – ТИПИЧНОГО ЛЕСНОГО ОЗЕРА ОСТРОВА КУНАШИР (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

**М. Ю. Грищенко¹⁾, А. А. Алавердова²⁾, А. Д. Разарёнова²⁾,
А. А. Шишов²⁾, И. В. Казаков³⁾**

¹⁾ МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет.
Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские Горы, 1.
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», ФГиГТ.
Российская Федерация, 109028, Москва, Покровский бульвар, 11.
Государственный природный заповедник «Курильский». Российская Федерация,
694500, Сахалинская обл., пос. Южно-Курильск, Заречная ул., 5.
email: m.gri@geogr.msu.ru.

²⁾ МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет.
Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские Горы, 1.

³⁾ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
ФГиГТ. Российская Федерация, 109028, Москва, Покровский бульвар, 11.

С целью изучения типичного лесного озера острова Кунашир оз. Глухое, с использованием эхолота Lowrance проведена батиметрическая съёмка, в ходе которой отмерено 25 косых поперечных и 3 продольных галса. По результатам батиметрической съёмки осуществлено 5 точек гидролого-гидрохимической синхронной съёмки, в рамках которой измерены гидрохимические показатели и отобрано 9 проб воды на дальнейший анализ. На этих же точках отобрано и описано 5 проб донных отложений в ходе грунтовой съёмки. На основе данных исследований сформулирована комплексная гидрологическая характеристика оз. Глухого – типичного лесного озера острова Кунашир.

Ключевые слова: гидрологические исследования; батиметрическая съёмка; гидролого-гидрохимическая синхронная съёмка; грунтовая съёмка; Кунашир; Южные Курилы.

COMPREHENSIVE HYDROLOGICAL SURVEY OF LAKE GLUHOYE – A TYPICAL FOREST LAKE OF KUNASHIR ISLAND (KURIL ISLANDS)

**M. Y. Grishchenko¹⁾, A. A. Alaverdova²⁾, A. D. Razarionova²⁾,
A. A. Shishov²⁾, I. V. Kazakov³⁾**

¹⁾ Lomonosov MSU, Faculty of Geography. Russian Federation, 119991, Moscow,
Leninskiye Gory, 1.
HSE University, Faculty of Geography and Geoinformatics. Russian Federation, 109028,
Moscow, Pokrovskiy bvd, 11.

State nature reserve Kurilskiy. Russian Federation, 694500, Sakhalin oblast,
Yuzhno-Kurilsk, Zarechnaya st., 5. email: m.gri@geogr.msu.ru.

²⁾ Lomonosov MSU, Faculty of Geography. Russian Federation, 119991,
Moscow, Leninskiye Gory, 1.

In order to study a typical forest lake on Kunashir Island, which is Lake Glukhoye, a bathymetric survey was carried out using a Lowrance echo sounder, during which 25 oblique transverse and 3 longitudinal tracks were measured. Based on the results of the bathymetric survey, 5 points of hydrological-hydrochemical synchronous survey were carried out, within which hydrochemical parameters were measured and 9 water samples were taken for further analysis. At the same points, 5 samples of bottom sediments were collected and described during a ground survey. Based on research data, a comprehensive hydrological characteristics of the lake Glukhoye was formulated.

Keywords: hydrological studies; bathymetric survey; hydrological-hydrochemical synchronous survey; sediments survey; Kunashir; South Kurils.

Озеро Глухое располагается в тихоокеанском секторе Серноводского перешейка на острове Кунашир Большой Курильской гряды. Оно имеет вытянутую с севера на юг форму, его длина составляет 680 м, средняя ширина 110 м, площадь акватории 74 000 м². Серноводский перешеек разделяет массивы вулканов Менделеева (с севера) и Головнина (с юга), и ранее представлял собой относительно мелководный пролив. Значительную часть перешейка занимает озеро Песчаное, на котором комплексные гидрологические исследования проводились сотрудниками и студентами МГУ имени М.В. Ломоносова в 2019 г. (Grishchenko et al., 2021). Озеро Глухое при этом не изучалось, информация о его характеристиках в литературных источниках не встречается. Следует отметить, что гидрологическая изученность Кунашира весьма неравномерна: исследования сосредоточены практически исключительно на объектах, имеющих вулканическое происхождение или приуроченных к вулканическим аппаратам. Озёра иного происхождения, в частности, озеро Глухое, практически не изучены.

По устным сообщениям инспектора заповедника «Курильский» Миличкина А.П., местного старожилы, известно, что до конца 1960-х гг. на Серноводском перешейке располагался пос. Серноводск в непосредственной близости от оз. Глухое. Озеро использовалось местными жителями для купания, рыба в нём не водилась (массовый лов не производился). В окрестностях оз. Глухое располагалось некоторое количество участков термальной грязи, которые, предположительно, и дали название перешейку и посёлку. Ранее, в эпоху японского освоения Южных Курил, на месте пос. Серноводска располагался японский рыбацкий пос. Тофуцу. С тех времён в окрестностях оз. Глухое сохранилось японское кладбище. В конце 1960-х гг. пос. Серноводск был выселен, и на его месте, а также в его окрестностях, построена пограничная застава и фортификационные сооружения. Застава была закрыта в начале 1990-х гг., в настоящее время на её месте сохранились развалины. С этого времени оз. Глухое не имеет хозяйственного значения.

Исходя из этого, была поставлена цель выполнить ряд гидрологических и гидрохимических работ на данном водном объекте для определения общих характеристик типичного лесного озера острова Кунашир, каковым является озеро Глухое, и его происхождения, гидрологического режима, хозяйственного использования. Принимая во внимание географическое положение и общие сведения об озере, выдвинуто предположение, что оно являлось частью морского залива и позже было отделено косой. Выдвинута гипотеза: в настоящее время озеро имеет тесную связь с океаническими водами, под влиянием которой более минерализованная вода вследствие разности плотностей скапливается у дна, формируя плотностную стратификацию и, возможно, анаэробные условия среды.

Измерение глубин озера Глухое производилось с помощью эхолота Lowrance HDS-7 со встроенным ГНСС-приемником. Съёмка глубин осуществлена с борта гребной лодки поперечными косыми и продольными галсами по всей акватории озера. В результате полевых работ получен массив данных в виде точек с известными координатами и глубиной. В ходе гидролого-гидрохимической съёмки озера отобраны пробы и измерены следующие показатели: pH, температура, электропроводность, минерализация, а также проведен химический анализ на содержание кислорода по методу Винклера. Съёмка проведена в 5 точках, намеченных по карте глубин водоема: три вертикали на продольной оси озера, а также точки в местах впадения восточного и западного притоков озера. На вертикалях измерения проводились в двух или трех точках в зависимости от глубины; в районах притоков – только на поверхности, так как глубины составляют менее одного метра.

Для измерения pH, электропроводности, минерализации и температуры использовался прибор HANNA HI-98129; измерения проводились в специально отобранной при помощи встряхиваемого батометра пробе. Анализ на содержание кислорода проведён в полевых условиях по методу Винклера при помощи набора для титрования HANNA HI-3810. Отобранные пробы воды обработаны в лаборатории кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова для определения концентраций основных ионов: гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов, кальция, магния, натрия. Отбор проб донных отложений произведён на тех же точках, что и отбор проб воды в ходе гидролого-гидрохимической съёмки. Для каждой грунтовой пробы измерен показатель pH и проведена оценка гранулометрического состава.

По результатам полевых и камеральных работ составлена комплексная гидрологическая характеристика озера Глухое.

Озеро Глухое является типичным представителем малых водоемов острова Кунашир. Оно расположено в залесённой местности между сопками, имеет неглубокую котловину, небольшое количество притоков и за-

медленный водообмен. По распределению глубин можно сделать следующий вывод: южная часть котловины озера, обращенная к океану, более глубокая, а северная, примыкающая к низменности Серноводского перешейка, более мелководная. Склоны котловины достаточно крутые, так как они являются продолжением склонов сопок по берегам озера. В северной части озера имеются два вытянутых нешироких залива, связанных с впадением ручьев, дренирующих равнинное пространство между озером Глухое и озером Песчаное.

Небольшие глубины и геометрически простая форма котловины озера обуславливают интенсивное перемешивание вод, о чем свидетельствует очень слабая изменчивость гидрохимических показателей по глубине и между основными вертикалями. На основных вертикалях значение концентрации кислорода колеблется от 5,5 мг/л до 6,7 мг/л, но районы впадения притоков озера характеризуются меньшим содержанием кислорода, чем воды основной котловины.

Места впадения притоков представляют собой мелководные заливы с густой водной растительностью: на окисление отмерших растений расходуется большое количество кислорода, в то же время растительность затрудняет газовый обмен с атмосферой в ходе ветрового перемешивания. По тем же причинам воды в устьях притоков характеризуются более низкими значениями pH: 6,17 в устье восточного ручья и 6,76 – в устье западного. Электропроводность и минерализацию можно считать постоянными по всему объему озера за исключением самого глубокого места – там значения выше среднего, так как более минерализованная вода имеет большую плотность и скапливается у дна. Преобладание ионов гидрокарбонатов и натрия достаточно типично для поверхностных водных объектов вулканических массивов. Гипотеза о сохраняющейся тесной связи озера с океаном не подтвердилась.

При рассмотрении донных отложений озера Глухое также выявлена пространственная дифференциация с юга на север: песчаные отложения сменяются илистыми при отдалении от океана и по мере уменьшения глубин. Увеличение доли ила и снижение значений pH в донных отложениях также связано с присутствием обильной водной растительности.

В мелководных заливах на севере озера грунты содержат большое количество растительных остатков, а также характеризуются более низкими значениями pH, потому что кислород расходуется на окисление отмершей органики.

Библиографические ссылки

I. Grishchenko M. Y., Krylenko V. I., Ozhgikhina V. T., Gorbarenko A. V. Hydrological surveys of the lake Peschanoe and the Sernovodsky isthmus of Kunashir island (Greater Kuril chain) // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 265. № 02007.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ТЯТИНСКОГО И АЛЁХИНСКОГО УЧАСТКОВ ЗАПОВЕДНИКА «КУРИЛЬСКИЙ» НА ПРИМЕРЕ КЛЮЧЕВЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**М. Ю. Грищенко¹⁾, А. С. Мурман²⁾, Д. А. Терехова²⁾,
И. Е. Тамаровский²⁾, В. В. Шелухо²⁾**

¹⁾ МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет. Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские Горы, 1.
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», ФГиГТ. Российская Федерация, 109028, Москва, Покровский бульвар, 11.
Государственный природный заповедник «Курильский». Российская Федерация, 694500, Сахалинская обл., пос. Южно-Курильск, Заречная ул., 5.
email: m.gri@geogr.msu.ru.

²⁾ МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет. Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские Горы, 1.

Работа посвящена изучению ландшафтных условий двух участков на острове Кунашир, расположенных в пределах Тятинского и Алёхинского участков заповедника «Курильский» и его охранной зоны.

Ключевые слова: крупномасштабное тематическое картографирование; растительный покров; почвенный покров; рельеф; Кунашир; Южные Курилы.

COMPARISON OF NATURAL CONDITIONS OF TYATINSKY AND ALIOKHINSKY PARTS OF THE KURILSKY STATE NATURE RESERVE USING THE KEY TERRITORIES

**M. Y. Grishchenko¹⁾, A. S. Murman²⁾, D. A. Terekhova²⁾,
I. E. Tamarovskiy²⁾, V. V. Shelukho²⁾**

¹⁾ Lomonosov MSU, Faculty of Geography. Russian Federation, 119991, Moscow, Leninskiye Gory, 1.
HSE University, Faculty of Geography and Geoinformatics. Russian Federation, 109028, Moscow, Pokrovskiy bvd, 11.
State nature reserve Kurilskiy. Russian Federation, 694500, Sakhalin oblast, Yuzhno-Kurilsk, Zarechnaya st., 5. email: m.gri@geogr.msu.ru.

²⁾ Lomonosov MSU, Faculty of Geography. Russian Federation, 119991, Moscow, Leninskiye Gory, 1.

The work is devoted to the study of the landscape conditions of two areas on Kunashir Island, located within the Tyatinsky and Alyokhinsky parts of the Kurilskiy nature reserve and its protective zone.

Keywords: detailed thematic mapping; vegetation cover; soil cover; relief; Kunashir; South Kurils.

Кунашир – самый южный остров Большой Курильской гряды, является четвёртым по площади (1500 км²) среди всех Курильских островов. Остров омывается с запада Охотским морем, с востока – Тихим океаном. Кунашир отделяется от японского острова Хоккайдо проливами Кунаширским и Измены, от острова Итуруп – проливом Екатерины, а от островов Малой Курильской гряды – Южно-Курильским проливом.

С 1984 года на территории острова Кунашир действует Государственный природный заповедник "Курильский". Исследуемые участки находятся: один в пределах Тятинского участка заповедника и его охранный зоны, в междуречье сравнительно крупных рек Саратовская и Тятина, на его территории расположен кордон Саратовский (далее – участок Саратовский); второй – в пределах Алёхинского участка заповедника и его охранный зоны, охватывая долину реки Андреевка и массивы мыса Четверикова, мыса Пузанова и горы Воробьёва, у его границы расположен кордон Андреевский (далее – участок Андреевский). Площадь Саратовского участка – 14,2 км²; площадь Андреевского участка – 13,8 км².

Саратовский участок сформировался на отложениях различного генезиса, постепенно заполнивших депрессию между массивом вулкана Тятя и хребтом Докучаева, в связи с чем он имеет не очень распространённый на острове равнинный, слегка пологохолмистый рельеф. Максимальная высота в пределах участка составляет всего 50 м. В приокеаническом секторе участка можно наблюдать серию морских террас и древних береговых валов с понижениями между ними. Участок ограничивают слабо врезуемые долины рек Саратовская и Тятина (последняя является крупнейшим водотоком на острове); кроме того, рельеф осложняют долины небольших ключей Банный и Кол и нескольких малых лесных ручьёв. Небольшие водотоки участка имеют истоками крупные верховые болота в приводораздельной части изучаемой территории.

Андреевский участок приурочен к северному макросклону вулкана Головнина; его рельеф сформировался на древнем лавовом плато, осложнённом интрузиями. Интрузии проявляются в рельефе в виде массивов мыса Четверикова, мыса Пузанова и горы Воробьёва, расположенной на границе участка. Рельеф приокеанического сектора исследуемой территории представлен невысокой морской террасой, местами выклинивающейся, и характерным береговым уступом высотой до 50 м и более, прорезанным долинами водотоков с порогами и водопадами. Далее, ближе к приводораздельной части острова, рельеф представляет собой чередование округловер-

шинных сопок и глубоко врезанных долин водотоков, представленных реками Андреевка-Северная и Андреевка-Южная, которые, сливаясь, образуют реку Андреевка. Абсолютные высоты увеличиваются при движении к островному водоразделу, достигая в пределах участка 390 м.

Представленные материалы собраны в результате комплексного обследования территории в течение двух полевых сезонов (2020–2021 гг). Работы включали заложение почвенных разрезов с подробным описанием горизонтов (цвет, структура, гранулометрический состав, плотность, влажность, новообразования, включения, переход к нижележащему горизонту, граница) и отбором образцов для лабораторного анализа. Геоботанические описания подразумевали характеристику 4 ярусов растительности для площадки 20×20 м в лесу и 10×10 м на открытой местности: древесного, подлеска, травяно-кустарничкового, мохово-лишайникового. Для них указывался процент проективного покрытия, средняя высота, обилие.

В характеристику ландшафтного разнообразия, помимо изучения почвенно-растительного покрова, включались: описание рельефа площадки, указание элемента мезоформы, крутизны и экспозиции. Проводился анализ микрорельефа, наличие и выраженность экзогенных процессов. Водный режим территории диагностировался посредством определения степени увлажнения, глубины грунтовых вод и признаков стояния верховодки.

В основу сопоставления условий почвообразования и почвенного покрова двух исследуемых участков положены данные почвенных описаний 41 разреза. На Саратовском участке анализировались данные 22 почвенных описаний, на Андреевском – 19. Условия почвообразования и почвенный покров участков исследования имеют ряд схожих черт. А именно: распространение гумусово-аккумулятивных схожих с бурозёмами почв на автоморфных позициях, а также распространение псаммозёмов на первых морских террасах. При этом, различия в характере рельефа территории сказываются на более широком распространении торфяных почв на Саратовском участке. Влияние на процессы почвообразования оказывает также наличие действующих вулканов и различия в их активности.

Исследуемые территории относятся к Курило-Сахалинскому округу Японо-Корейской океанической провинции Дальневосточной хвойно-широколиственной лесной подобласти зоны смешанных хвойно-широколиственных лесов по классификации Д.П. Воробьёва (1963) [1]. На Курильских островах Д.П. Воробьёв выделяет 2 подрайона в зависимости от характера растительного покрова: южный – Немуро-Кунаширский и центральный – Кунаширо-Итурупский. Граница между ними разделяет остров Кунашир на примерно равные по площади северную и южную части, к которым и

приурочены исследуемые участки, Саратовский и Андреевский соответственно. Это хорошо проявляется в их растительном покрове. Северная часть Кунашира занята, в основном, темнохвойными лесами, а южная – в основном, широколиственными с большим количеством южных видов. Таким образом, растительный покров Саратовского участка имеет скорее бореальный облик, а растительный покров Андреевского – скорее, неморальный. Для Саратовского участка характерно абсолютное преобладание растительных сообществ с доминантными хвойными видами в древесном ярусе на междуречьях и надпойменных террасах. Охотоморская флора преобладает в растительном покрове исследуемых участков, также присутствуют элементы манчжурского и, особенно, северояпонского флористического комплекса.

Библиографические ссылки

1. *Воробьев Д. П.* Растительность Курильских островов. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1963. 92 с.

ПРОВЕДЕНИЕ ЛЕСНОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В SEMI-AUTOMATIC CLASSIFICATION (SCP) PLUGIN ДЛЯ QGIS НА ПРИМЕРЕ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИЯХ ООПТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**А. П. Карпачев¹⁾, О. М. Пригоряну¹⁾, А. Е. Квашнина²⁾,
Н. А. Владимирова³⁾**

*¹⁾ Национальный парк «Орловское полесье», Россия,
email: gis_npop@mail.ru, ecolog67@gmail.com*

*²⁾ Государственный заповедник «Денежкин камень», Россия,
email: akvaanna@gmail.com*

³⁾ Независимый эксперт, Россия, email: nadiopt@gmail.com

Описывается полученный многолетний опыт работы с Semi-Automatic Classification Plugin QGIS, для классификации космоснимков Landsat (7-8) и Sentinel 2a с целью реализации лесного (санитарного лесопатологического) дешифрирования на примере лесных массивов, расположенных в границах ООПТ России. В данном материале рассмотрены лесные участки национального парка «Орловское полесье» и заповедника «Денежкин камень».

Ключевые слова: тематическое картографирование; Landsat 7; Sentinel 2a, национальный парк «Орловское полесье», заповедник «Денежкин камень».

FOREST CLASSIFICATION BY SPACE SURVEY DATA IN THE SEMI-AUTOMATIC CLASSIFICATION (SCP) PLUGIN FOR QGIS ON THE EXAMPLE OF FOREST MASSES LOCATED IN THE TERRITORIES OF OOPT OF THE RUSSIAN FEDERATION

**A. P. Karpachev¹⁾, O. M. Prigoryanu¹⁾, A. E. Kvashnina²⁾,
N. A. Vladimirova³⁾**

*1) National Park "Orlovskoe Polesie", Russia, email: gis_npop@mail.ru,
ecolog67@gmail.com*

2) State Reserve "Denezhkin Stone", Russia, email: akvaanna@gmail.com

3) Independent expert, Russia, email: nadiopt@gmail.com

The multi-year experience of working with the Semi-Automatic Classification Plugin QGIS is described for the classification of Landsat (7-8) and Sentinel 2a satellite images for the purpose of implementing forest (sanitary forest pathology) decoding on the example of forest areas located within the boundaries of protected areas of Russia. In this material, the forest areas of the national park "Orlovskoye Polesie" and the reserve "Denezhkin Kamen" are considered.

Keywords: thematic mapping; Landsat 7; Sentinel 2a, Oryol Forest National Park, Denezhkin Stone Nature Reserve.

Возможность установления состояния лесов и времени его изменения основано на анализе данных из доступных хранилищ и сервисов космической съемки. Наиболее доступными данными являются данные среднего пространственного разрешения (20-40 метров на пиксель), поставляемые сервисами Landsat-7/8 (США, NASA, архив с 1999 и 2013 годов соответственно), Sentinel-2 (Европейский союз, ESA, архив с 2015 года), а также бесплатные картографические сервисы Google, Yandex, Bing, в том числе интегрированные в программный комплекс SasPlanet.

Сервисы Landsat и Sentinel предоставляют удобные инструменты для поиска нужной съемки (фильтр облачности, даты, угол падения солнечных лучей, возможность просмотра снимков в различной комбинации каналов, предоставление данных об исходном снимке и прочая информация). Зная, название (а название каждого снимка уникально, в нем содержится и дата съемки, и имя аппарата, которым она произведена) можно с легкостью найти его в хранилище и при необходимости, скачать себе на компьютер и продолжить работу уже с исходными данными [1]. Однако стоит отметить, что в связи с актуальной геополитической ситуацией предоставление материалов съемок с западных и европейских сервисов на территорию России резко ограничено, а использование vpn – сервисов во многом не поощряется, поэтому на сегодняшний момент достаточно, выгодно зарекомендовал себя ресурс Sentinel hub (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>).

В период с 2014 по 2017 гг. национальный парк «Орловское полесье» активно использовал библиотеки космоснимков Landsat, представленные геологической службой США (<https://glovis.usgs.gov/app>). Данные космические снимки можно было анализировать как в естественных цветах (сочетание каналов, имитирующее окраску, которую увидел бы человек, находясь на месте съемочного аппарата), так и в каналах так называемого вегетационного анализа (сочетание каналов, на котором резко выделяется территория, покрытая живой растительностью). На практике именно вегетационный анализ чаще всего используется для выявления патологических процессов в лесах – изменение зеленой окраски на пурпурную довольно легко определяется даже неопытным дешифровщиком (рис. 1).

Выявление участков усохшей ели [2] на территории НП «Орловское полесье», сравнение их с материалами актуальных лесоустроительных работ, а также установление ретроспективы изменений тестовой локации (рис. 2) участка леса имели достаточно острое значение и практически были применены как независимые экспертные материалы в ходе судебного процесса [3].

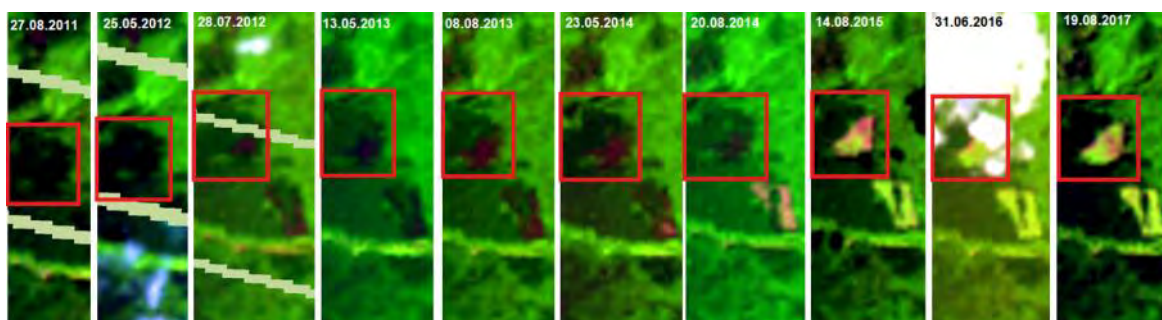


Рис. 1. Фрагмент космоснимков Landsat (7-8) за 7 лет на примере еловой куртины на территории ФГБУ «Национальный парк «Орловское полесье»

Следующая попытка использования Semi-Automatic Classification Plugin была проведена на космоснимке Sentinel-2a; результаты этой классификации стали более чёткими в отличие от обработки Landsat, и совпадение с графическими материалами лесоустройства стало более точным (рис. 3). Данное отличие обусловлено параметрами видимых каналов космоснимков: у Landsat он 30 м, у Sentinel-2a – 10 м, поэтому использование Sentinel в работах лесохозяйственного направления стало более целесообразным. Снимки Sentinel-2a дают возможность отображения различий в состоянии растительности, в том числе, и временные изменения [4].

Стоит отметить, что в работах, связанных с регистрацией усыхания еловых участков, некоторую «погрешность» давало наличие в лесах «Орловского полесья» больших по площади участков мёртвопокровной (старовозрастной) сосны, пиксели которых имели сходную палитру окраски, что в свою очередь усредняло качество проведенных классификаций. Большая часть классифицированных участков была дополнительно «отбита» GPS-навигатором в ходе полевых работ.

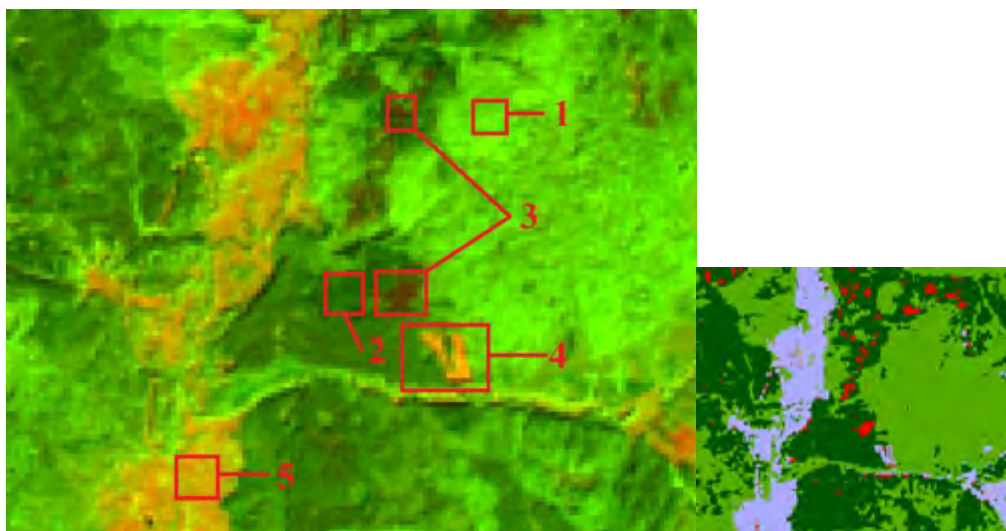


Рис. 2. Точки интереса на тестовом участке, где: 1 – участок лиственных пород; 2 – участок хвойных пород; 3 – усыхающие ельники; 4 – санитарная рубка; 5 – пойменный участок

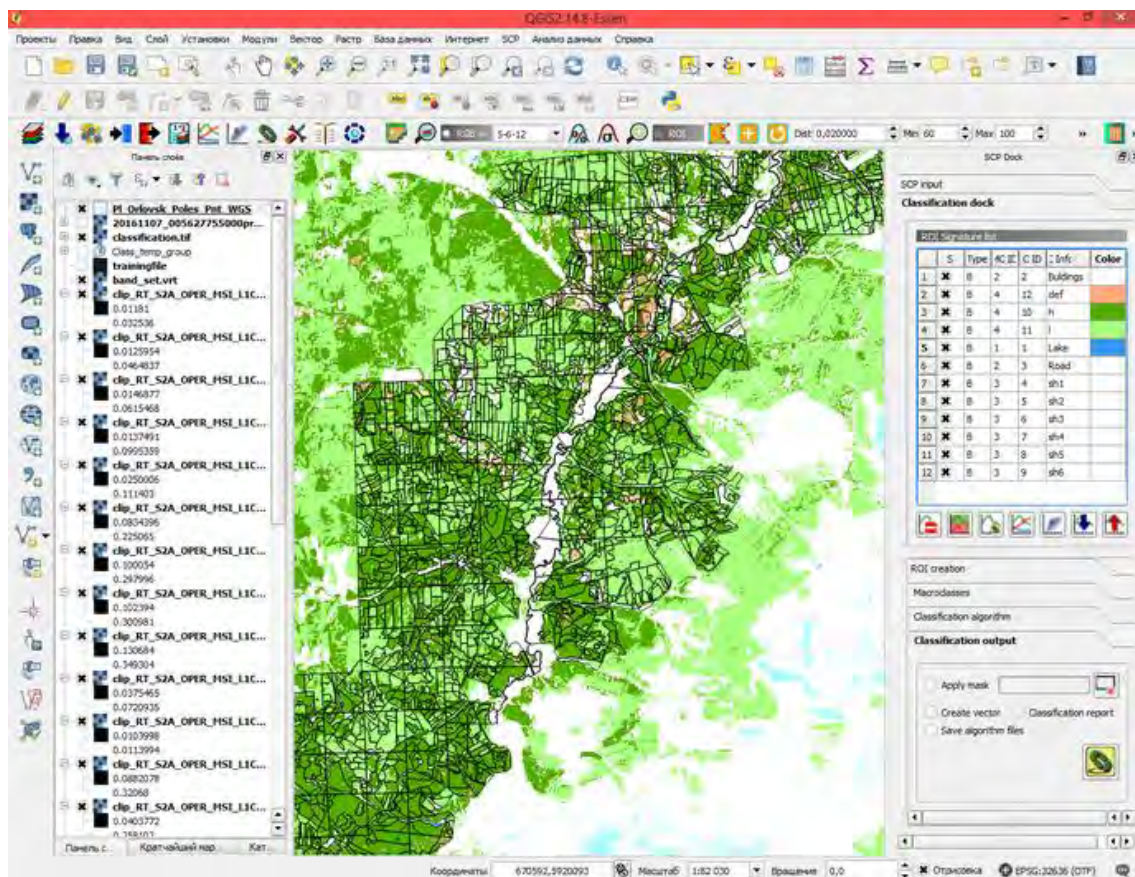


Рис. 3. Классифицированный снимок. Оранжевый цвет (def) – зарегистрированная патология хвойных участков леса

Следующим значительным этапом в использовании SCP Plugin QGIS стали партнёрские работы, проведённые с уральским заповедником «Денежкин камень». Задачей данного исследования предусматривалась разработка итерационной методики попородного дешифрирования [5] и оценка точности классификации космоснимка Sentinel-2a (рис. 4).

Для проведения лесного дешифрирования были набраны различные по окраске пиксели «леса», визуально поделенные на хвойные и лиственные породы: пиксели комплекса ПКЕ, варианты «сосновых» пикселей, а также сочетание сосны и лиственницы, имеющее отличающийся цвет. В ходе опыта было определено, что пиксели комплекса ПКЕ (пихта, кедр, ель) оказывают существенное влияние проводимой классификации в сторону снижения качества обработки.

Дополнительно была проведена оценка точности лесной классификации: из 17 отобранных в ходе работы классов пикселей, были автоматически (выборочно) извлечены 170 точек – участков, по 10 на каждый класс, размером от 30 до 40 пикселей, с минимальной дистанцией друг от друга 1500 метров. В дальнейшем анализе точности было необходимо визуально

найти соответствие пробных точек - участков классам пикселей и ручным способом ввести правильный номер макрокласа (в нашем опыте их было два: лес/ не лес) и номер класса: породы или комплекса пород (в нашем опыте это были номера с 8 по 17). Общая точность проведенной классификации – 74,9 %, каппа Коэна – 0,70. Согласно интерпретации Ландиса и Коха, полученная статистика каппа Коэна - существенная.

Рис. 4. Фрагмент попородного дешифрирования космоснимка Sentinel-2a на территорию заповедника «Денежкин камень»

Проведенные итерации попородного дешифрирования показали, что в старовозрастных лесах со сложным составом, таких, как леса заповедника «Денежкин Камень», классический подход выделения в качестве тестовых участков монопородных выделов не оправдался, так как большую часть территории заповедника занимают комплексы ПКЕ. Однако же для заповедника дальнейшее выявление соотношения пород в комплексах ПКЕ по сути дела и нецелесообразно, поскольку эти сообщества формируют "облик" ценоза, станции, экотипа именно в сочетании.

Продemonстрированный опыт проведения классификаций космоснимков в SAC Plugin QGIS позволяет применять предложенный метод для решения актуальных задач лесных природной территории. В частности, для мониторинга состояния лесного фонда, оценки влияния изменений климата на ландшафт, регистрации пожароопасных инцидентов.

Библиографические ссылки

1. Крылов А. М., Владимирова Н. А., Малахова Е. Г. Использование свободных ГИС в системе дистанционного лесопатологического мониторинга // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной Вестник. 2012. №1. С. 148–152.
2. Крылов А. М., Соболев А. А., Владимирова Н. А. Выявление очагов короеда-типографа в Московской области с использованием снимков Landsat // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2011. №. 4. С. 54–60.
3. Земля из космоса: законодательство, правовое регулирование и судебная практика / Под общей редакцией А. А. Балагурова. Москва, 2014. 192 с.
4. Крылов А. М., Владимирова Н. А. Дистанционный мониторинг состояния лесов по данным космической съемки // ГЕОМАТИКА. 2011. № 3 (12). С. 53–57.
5. Квашина А. Е., Возьмитель Ф. К., Владимирова Н. А. Многолетняя динамика древостоя на лесной пробной площади // Материалы четвертой международной практической конференции Сообщества природоохранных ГИС в России «Использование ГИС и данных дистанционного зондирования Земли для охраны природы». Национальный парк «Валдайский». Валдай, 3–5 октября 2019 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИИ НА БИОЛОГИЧЕСКОМ ЭТАПЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

А. Ю. Кононова¹⁾, А. Н. Кутлияров²⁾

*^{1), 2)} Башкирский государственный аграрный университет,
450001, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34
email: ¹⁾ kononovaalexandrayurievna@gmail.com, ²⁾ kutliarov-a@mail.ru*

Проекты рекультивации земель дают нам возможность вдохнуть новую жизнь в ландшафты, которые были деградированы в результате антропогенной деятельности. Чтобы вернуть этим экосистемам прежнее состояние, жизненно важную роль играет лесовосстановление. В этой статье исследуется использование возможностей ГИС технологий при лесовосстановлении в рекультивации земель и его положительное влияние.

Ключевые слова: природообустройство; экология; дикие животные; лесовосстановление; рекультивация.

USING THE POTENTIAL OF GIS TECHNOLOGIES IN FOREST RESTORATION AT THE BIOLOGICAL STAGE RECLAMATION OF DISTURBED LAND

A. Y. Kononova¹⁾, A. N. Kutliyarov²⁾

*^{1), 2)} Bashkir State Agrarian University,
450001, Volga Federal District, Republic of Bashkortostan,
Ufa, 50th anniversary of October street, 34
email: ¹⁾ kononovaalexandrayurievna@gmail.com, ²⁾ kutliarov-a@mail.ru*

Land reclamation projects give us the opportunity to breathe new life into landscapes that have been degraded as a result of anthropogenic activities. To restore these ecosystems to their former state, reforestation plays a vital role. This article explores the use of GIS technologies in reforestation in land reclamation and its positive impact.

Keywords: environmental management; ecology; wild animals; reforestation; reclamation.

Рекультивация земель является важным процессом восстановления деградированных или нарушенных земель, в результате антропогенной деятельности, пример представлен на рисунке 1. Будь то горнодобывающая деятельность, урбанизация или промышленное развитие, рекультивация

земель направлена на возрождение природной среды и создание устойчивых ландшафтов. Лесовосстановление играет решающую роль в этом процессе, поскольку способствует восстановлению экосистем и помогает поддерживать экологический баланс.

Лесовосстановление включает посадку деревьев и растительности на ранее бесплодных или деградированных (нарушенных) землях. Его основная цель – создать здоровый и разнообразный лесной покров, имитирующий естественные экосистемы, существовавшие до разрушения. Путем повторного внедрения деревьев, кустарников и других видов растений процесс лесовосстановления помогает восстановить здоровье почвы, регулировать круговорот воды, смягчать эрозию и обеспечивать среду обитания для различных диких животных.



Рис. 1. Пример нарушенных земель, на которых необходимо выполнить рекультивационные работы

Одним из основных преимуществ лесовосстановления во время рекультивации земель является возможность восстановить биоразнообразие и улучшить взаимосвязь мест обитания. Деревья действуют как естественные коридоры, позволяя животным передвигаться и способствуя возрождению разнообразных экологических сообществ. Благодаря реинтродукции местных видов растений лесовосстановление помогает экологически восстановить первоначальную среду обитания и поддерживает взаимодействие между флорой и фауной.

Успешное лесовосстановление в ходе рекультивации земель требует:
тщательного планирования;
подготовки участка;
соответствующего выбора деревьев.

При выборе породы деревьев следует учитывать условия участка, такие как тип почвы, климат и наличие воды, чтобы обеспечить выживание и адаптацию посаженных деревьев. Зачастую предпочтение отдается местным видам, поскольку они хорошо подходят для местных экологических условий и способствуют восстановлению процветающей природной экосистемы.

Вовлечение местного населения и заинтересованных сторон являются важнейшими аспектами лесовосстановления во время рекультивации земель. Сотрудничество с местными сообществами, экологическими организациями и землевладельцами способствует развитию чувства сопричастности и ответственности за инициативы по лесовосстановлению. Вовлечение местных сообществ в посадку и уход за деревьями не только обеспечивает возможности трудоустройства, но также повышает экологическую осведомленность и способствует долгосрочной устойчивости лесовосстановительных территорий.

Мониторинг и управление являются важными компонентами проектов лесовосстановления во время рекультивации земель. Регулярный мониторинг роста и приживаемости деревьев, борьба с вредителями и болезнями, а также постоянное техническое обслуживание обеспечивают успех и устойчивость лесовосстановительных территорий. Мониторинг также помогает оценить экологические выгоды, выявить потенциальные проблемы и реализовать стратегии адаптивного управления для постоянного улучшения.

Для оптимизации усилий по лесовосстановлению применение технологий географических информационных систем (ГИС) набирает обороты. ГИС-технологии, также известные как географические информационные системы, произвели революцию в различных отраслях, включая рекультивацию. Эти технологии являются новыми инструментами для мониторинга, планирования и реализации проектов лесовосстановления с повышенной эффективностью, точностью и устойчивостью.

ГИС-технологии предоставляют ценные инструменты и информацию, которые помогают специалистам по рекультивации принимать обоснованные решения и эффективно управлять процессом восстановления нарушенных земель. Технологии ГИС позволяют создавать подробные карты, определяющие подходящие территории для лесовосстановления

(рис. 2). Спутниковые снимки, аэрофотоснимки и данные LiDAR помогают оценить типы растительного покрова, плотность растительности и характеристики местности.

Используя ГИС, эксперты могут определить территории с наибольшим потенциалом для лесовосстановления на основе различных критериев, таких как качество почвы, климатические условия и близость к источникам воды. Благодаря объединению пространственных данных и анализа распределение ресурсов для лесовосстановления становится более обоснованным и эффективным. Этот пространственный анализ дает ценную информацию о существующих условиях нарушенных земель и помогает в разработке соответствующих стратегий рекультивации [3].



Рис. 2. Применение ГИС-технологий при рекультивационных работах

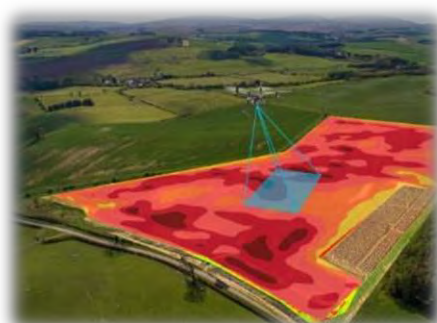


Рис. 3. Проведение топографической съемки

После реализации проектов по лесовосстановлению технологии ГИС облегчают постоянный мониторинг и оценку роста деревьев и восстановления земель. Методы дистанционного зондирования, включая аэрофото-съемку и спутниковый мониторинг, предлагают экономически эффективный способ отслеживать растительный покров и измерять успех усилий по лесовосстановлению с течением времени. Сравнивая текущие данные с исходной информацией, можно оценить эффективность различных методов лесовосстановления и выбора пород, что приведет к принятию обоснованных решений для будущих проектов. Кроме того, ГИС позволяет выявлять коридоры, соединяющие фрагментированные лесные ландшафты, создавая более сплоченную и устойчивую экосистему.

В Башкирском государственном аграрном университете на кафедре землеустройства, существует материальная база беспилотных летательных аппаратов самолетного и вертолетного типа (DJI Matrice 300RTK, DJI Phantom 4 PRO и др.), которые позволяют выполнять научно-исследовательские и практические работы. Данные аппараты используются для проведения топографической съемки, создания планово-картографической

основы и мониторинга выполнения ряда технологических операций. В результате съемки получается: ортофотоплан с точной геодезической привязкой и цифровая модель местности.

Основными программными комплексами при создании электронных карт являются – ArcGIS, ArcView, MapInfo и др. Для начала обработки территорий посредством ГИС-технологий необходимо произвести топографическую съемку местности, результатом которой станут аэрофотоснимки. В рассматриваемой ситуации – съемка местности для рекультивации земель, масштаб должен быть не менее 1:10000 для составления карт местности. Проведение топографической съемки осуществляется посредством беспилотного летательного аппарата (далее – БПЛА) (рис. 3).

Съемка территорий с использованием БПЛА позволят создавать цифровые модели рельефа и местности, 3D модели участков городских территорий, оценивать объемы необходимых строительных материалов в горнодобывающей области.

Вышеуказанные летательные аппараты используются также для сбора данных для определения числа вырубки древесно-кустарниковой растительности при строительстве экодуги (биопереход над дорогой, для диких животных).

После строительства экодуги необходимо выполнять рекультивацию и лесовосстановление. Так как при строительстве перехода, будет производиться вырубка древесно-кустарниковой растительности, как для расположения самого перехода, так и для проезда техники. Необходимо, чтобы экодуга и подходы к нему выглядели максимально естественно, как продолжение природной среды (рис. 4).



Рис. 4. Лесовосстановительные и рекультивационные работы на экодуге

На экодуке и его подходах необходимо высадить растения и деревья, а также травы и кустарники, которые полностью соответствуют растительности, присущей местной фауне и их среде обитания. Кроме того, эти растения должны учитывать потребности каждого вида животных.

Глубина верхнего слоя почвы, размещенного на экодуке, предназначенного посадки растительности, должна быть более 150 сантиметров. Для возможности развития и укрепления корневой системы древесно-кустарниковой растительности. Также высадка древесно-кустарниковой растительности необходима на подходах в экодуку. С учётом вероятных различий среды обитания животных, по краям дороги должны быть высажены зелёные насаждения: справа хвойные, а слева лиственные деревья, на самом экодуке должны быть посажены кустарники: шиповник, боярышник, акация. А так же, для большей схожести с естественной средой обитания, в состав проекта рекультивации и лесовосстановительных работ, может быть предусмотрена высадка небольших деревьев, высота которых доходит до 2,5 метров [2].

«Верхний слой почвы, который будет предназначен для высадки зелёных насаждений на переходе, должен быть выше минимальных значений:

- для травы – 0,3 метра;
- для кустарника – 0,6 метра;
- для деревьев – 1,5 метра.

На экодуке планируется высадить около 150 деревьев, из которых 75 будут пересажены с мест, где проводятся работы по подготовке подходов к экодуку. Остальная половина деревьев будет приобретена в ландшафтном центре» [2]. Важно, что все деревья будут разной высоты для создания более естественной среды обитания для диких животных, которые будут использовать переход. Ниже представлены расчеты стоимости рекультивационных работ, а именно лесовосстановление, таблицы с ценами на июнь 2023 года представлены ниже.

Таблица 1

Стоимость посадки клёна американского

Высота	Размер земляного кома	Цена за дерево без посадки	Цена (с доставкой и посадкой) от 3 и более шт.
2–3 м	700 мм	5 000 руб.	8 000 руб.
3–4 м	900 мм	6 900 руб.	10 000 руб.
4–5 м	1000 мм	12 000 руб.	16 000 руб.
5–6 м	1300 мм	18 000 руб.	23 000 руб.
6–7 м	1400 мм	20 000 руб.	26 000 руб.

Всего будет посажено 25 насаждений клёна американского: 5 двухметровых, 5 трёхметровых, 5 четырёхметровых, 5 пятиметровых, 5 шестиметровых. Стоимость деревьев с их посадкой и доставкой составит:

$$(5 \times 8\,000) + (5 \times 10\,000) + (5 \times 16\,000) + (5 \times 23\,000) + (5 \times 26\,000) = 40\,000 + 50\,000 + 95\,000 + 115\,000 + 130\,000 = 430\,000 \text{ рублей}$$

Таблица 2

Стоимость посадки боярышника

Высота	Размер земляного кома	Цена за дерево без посадки	Цена (с доставкой и посадкой) от 3 шт.
3–4 м	900 мм	5 000 руб.	6 000 руб.

Стоимость закупки и посадки 25 насаждений, с доставкой, обойдется в 150 тысяч рублей.

Таблица 3

Стоимость посадки акации

Высота	Размер земляного кома	Цена (с доставкой и посадкой) от 3 шт.
3-4 м. Башкирия	900 мм	7 500 руб.
3-4 м. (премиум)	1200 мм	15000 руб.
5-6 м.	1400 мм	23 000 руб.
6-7 м.	1600 мм	36 000 руб.
7-8 м.	1700 мм	55 000 руб.

Стоимость посадки 25 насаждений сосны, разных размеров: 5 трёхметровых, 5 трёхметровых, 5 четырёхметровых, 5 пятиметровых, 5 шестиметровых. Стоимость деревьев с их посадкой и доставкой составит:

$$(7500 \times 5) + (15\,000 \times 5) + (23\,000 \times 5) + (36\,000 \times 5) + (55\,000 \times 5) = 37\,500 + 75\,000 + 115\,000 + 180\,000 + 275\,000 = 658\,500 \text{ рублей}$$

Таблица 4

Стоимость укладки газона на экодуке

Вид работ	Ед. изм.	Стоимость, руб.
Газон	м ²	150
Подготовка		100
Укладка		100
Итого:		350

Общая стоимость 75 зелёных насаждений на экодуке обойдется (стоимость без учета пересаженных на подходах деревьях)

$$430\,000 + 150\,000 + 658\,500 = 1\,238\,500 \text{ рублей}$$

Общая площадь экодука и подходов к нему составляет 2 000 м², а устройство газона с подготовкой и укладкой составляет 350 рублей за м², следовательно, общая стоимость устройства газона обойдется в 700 тысяч рублей. Сметная стоимость лесовосстановления была рассчитана на основании съёмки, выполненной при помощи беспилотных летательных аппаратов.

В заключение, ГИС-технологии открывают огромный потенциал при рекультивации нарушенных земель. От оценки масштаба и выбора участка до мониторинга и оценки ГИС предоставляет ценную информацию, улучшает процессы принятия решений и повышает общую эффективность и точность проектов рекультивации, а особенно лесовосстановления. Используя возможности ГИС, мы можем внести свой вклад в восстановление и сохранение лесных экосистем, обеспечивая устойчивое будущее для будущих поколений.

Лесовосстановление в ходе проектов рекультивации земель не обходится без проблем. Такие проблемы, как выживаемость саженцев, инвазивные виды и адаптация к изменяющимся климатическим условиям, могут создавать препятствия. Однако благодаря тщательному планированию, правильному выбору видов и использованию стратегий адаптивного управления эти проблемы можно смягчить. Сотрудничество между учеными, землепользователями и местными сообществами имеет решающее значение для обеспечения успеха усилий по лесовосстановлению.

Библиографические ссылки

1. Кононова А. Ю., Мустафин Р. Ф. Необходимость внедрения экодуков в Башкирии // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК : материалы международной научно-практической конференции в рамках XXXI Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2021», Уфа, 23–26 марта 2021 года / Часть 1. Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2021. С. 134–138.

2. Кононова А. Ю., Столетов А. И. Воздействие техногенной цивилизации на фауну: опыт Башкортостана // Социальная онтология России : Сборник научных статей по докладам XIV Всероссийских Копыловских чтений / Под редакцией М. В. Ромма, В. И. Игнатьева, В. Г. Новоселова, Л. Б. Сандаковой. Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2020. С. 164–168.

3. Кутляров А. Н., Кутляров Д. Н. Роль ГИС-технологий в прогнозировании и планировании использования земель // В сборнике: Инновационному развитию агропромышленного комплекса – научное обеспечение. Материалы Международной научно-практической конференции в рамках XXII Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2012», Башкирский государственный аграрный университет, Башкирская выставочная компания. 2012. С. 116–119.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-АНАЛИЗА В ГРАНИЦАХ ГОРОДА МИНСКА

А. М. Ларионов¹⁾, Л. И. Смыкович²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская, 16,
220006, г. Минск, Беларусь, email: geo.larionov@bsu.by

²⁾ Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская, 16,
220006, г. Минск, Беларусь, email: geosmykovich@gmail.com

ГИС-технологии позволяют создавать подробные карты и визуализировать экологические параметры: состояние почвы, уровень загрязнения воздуха; мониторинг их изменения для выявления тенденций в распределении ресурсов при возможных экологических угрозах. Это улучшает понимание распределения экопроблем, перспективно при планировании строительства и оценке воздействия на окружающую среду, оказывающую прямое влияние на здоровье человека.

Ключевые слова: ГИС-технологии; хозяйственная деятельность человека; атмосферный воздух; почва; тяжелый металлы; индекс загрязнения; ПДК; здоровье человека.

ASSESSMENT OF SOIL POLLUTION AND ATMOSPHERIC AIR QUALITY USING GIS ANALYSIS WITHIN THE BOUNDARIES OF MINSK CITY

A. M. Larionov¹⁾, L. I. Smykovich²⁾

¹⁾ Belarusian State University, Leningradskaya Street, 16,
220006, Minsk, Belarus, geo.larionov@bsu.by

²⁾ Belarusian State University, Leningradskaya Street, 16,
220006, Minsk, Belarus, geosmykovich@gmail.com

GIS technologies enable the creation of detailed maps and visualization of environmental parameters such as soil conditions, air pollution levels, and monitoring their changes to identify trends in resource distribution amid potential environmental threats. This enhances understanding of the distribution of ecological issues, particularly in the context of construction planning and environmental impact assessment, which directly affects human health.

Keywords: GIS technologies; human activities; atmospheric air; soil; heavy metals; pollution index; MPC (Maximum Permissible Concentration); human health.

Минск — город с крупной промышленной инфраструктурой, что напрямую воздействует на экологическое состояние окружающей среды.

В связи с этим, данная территория должна подвергаться ежегодному мониторингу и анализу, где состояние почвы и атмосферного воздуха можно охарактеризовать как крайне неблагоприятное, что связано с интенсивным развитием города, с полурациональным использованием земель, и, как следствие этого, проявлением процессов загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ) [2]: As, Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Ni, Cr [3]; загрязнения атмосферного воздуха частицами и газами PM_{10} , $PM_{2.5}$, CO, O₃, NO₂, SO₂ [7].

Объектами исследования послужили пробы почв, и данные с постов наблюдения за атмосферным воздухом Главного информационно-аналитического центра Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (ГИАЦ НСМОС РБ) [5], которые были нанесены точками в атрибутивную таблицу с присвоением координат в пределах оцифрованных границ г. Минска. На карте обозначены полигоны парковых и промышленных зон, объекты здравоохранения (рис. 1).

Для оценки степени загрязнения почв рассчитывался коэффициент техногенной концентрации элемента (K_c).

$$K_c = K_{\text{общ}}/K_{\text{фон}}$$

где $K_{\text{общ}}$ – содержание элемента в исследуемой почве; $K_{\text{фон}}$ – содержание элемента в фоновой почве.

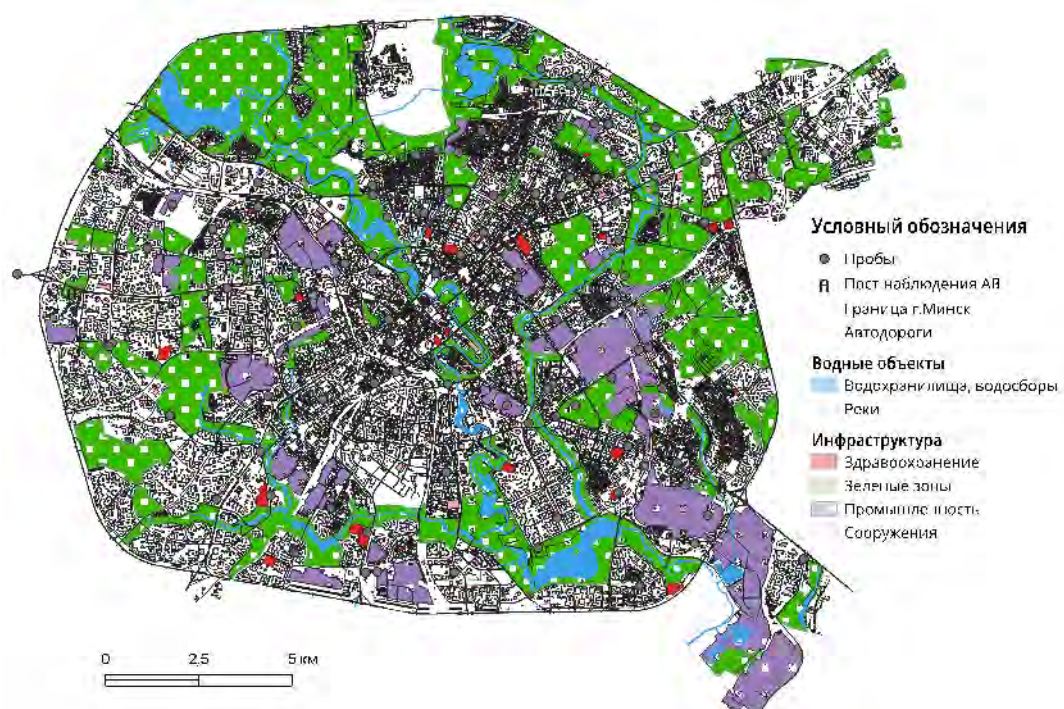


Рис. 1. Карта г. Минска с нанесенными точками пробоотбора почв и постов наблюдения за качеством атмосферного воздуха

В связи с этим на основе абсолютного содержания ТМ в исследуемых почв и их предельно допустимых концентраций (ПДК) [6] рассчитан коэффициент суммарного загрязнения (Z_c).

$$Z_c = K_c - (n - 1),$$

где K_c – коэффициенты техногенной концентрации, превышающей 1; n – число элементов с $K_c > 1$.

Тем не менее, применение общего индекса загрязнения имеет ограничения: при вычислении индекса не учитывается токсичность отдельных элементов, а при загрязнении 1-2 ТМ показатель не отражает реальной степени экологической напряженности. Для более точных измерений используется формула комплексного показателя суммарного загрязнения с присвоением индекса (Z_{ct}) с поправками, учитывающие средний геометрический коэффициент (K_k) и токсичность тяжелых элементов (K_T) [1].

$$Z_{ct} = n * [(K_{k1} + K_{m1})(K_{k2} + K_{m2}) * ... * (K_{kn} + K_{mn})] * 1^{1/n} - (n - 1),$$

где K_k – средний геометрический коэффициент концентрации; K_m – коэффициент токсичности i -элемента; n – число элементов.

Комплексный показатель дифференцировано оценивает загрязнение почв: учитывает степень токсичности элементов, а также исключает искажающее влияние аномально высоких коэффициентов концентрации, путем учета их средних геометрических величин. Уровень загрязнения при этом считается низким, если Z_c равняется 0-16; средним, $Z_c = 16-32$; высоким, $Z_c = 32-128$. На основе обработанных данных, создана картограмма суммарного загрязнения почв (рис. 2). Видно, что наибольший индекс суммарного загрязнения приходится на концентрацию промышленных зон в Заводском районе, и довольно крупных предприятий в южной части города.

При анализе данных загрязнения атмосферного воздуха, которые включают в себя данные о содержании элементов и частиц (PM_{10} , $PM_{2.5}$, CO , O_3 , NO_2 , SO_2) использовался международный индекс качества воздуха Air Quality Index (AQI) – число, используемое правительством для передачи качества воздуха широкой общественности [8]. Существует 2 диапазона AQI: Indian (CPCB), US-EPA. Так как в американской классификации используется 6 показателей, в отличие от индийской (где 8), по схожести в количестве показателей использовался US-EPA. Диапазоны от 0-500 в соответствии с US-EPA: 0-50 означает хорошее качество воздуха, 51-100 – умеренный, 101-150 – опасный, 151-200 – очень опасный, 201-300 – тяжелый и 500 – очень тяжелый. AQI в диапазоне от 0 до 500 имеет различные

концентрации загрязняющих веществ и связанные с этим последствия для здоровья.

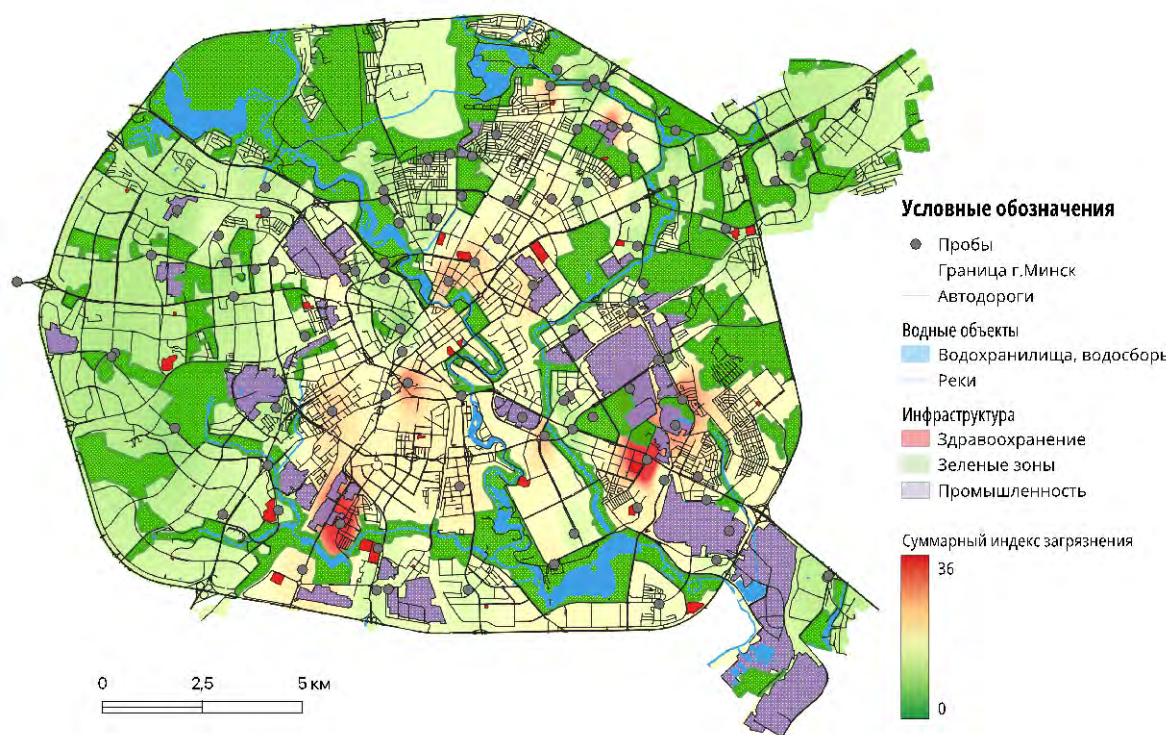


Рис. 2. Картограмма суммарного индекса загрязнения почв г. Минска

Индекс качества воздуха (I_p) является показателем общего качества воздуха, поскольку он учитывает все критерии загрязнителей воздуха, измеренных в пределах изучаемого района.

$$I_p = [(I_{Hi} - I_{Lo}) / (BP_{Hi} - BP_{Lo})] * (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo},$$

где I_p – индекс загрязняющих веществ p ; C_p – усеченная концентрация загрязняющих веществ p ; BP_{Hi} – точка останова концентрации, т.е. больше или равна C_p ; BP_{Lo} – точка останова концентрации, т.е. меньше или равна C_p ; I_{Hi} – значение AQI, соответствующее BP_{Hi} ; I_{Lo} – значение AQI, соответствующее BP_{Lo} .

Индекс просчитывается для каждого загрязнителя воздуха, на основе нормативов для определяемого диапазона US-EPA [9]. Результат рассматривается по сумме всех значений индекса загрязняющих веществ, деленному на их количество, рассчитав средний AQI (рис. 3).

PM2.5	PM10	NO2	O3	CO	SO2	AQI
299,3172413...	2,1 50	16		149 2.5		86,4862068...
86,65172413...	75 36.25	6		25 1.25		38,3586206...
175,0793103...	100 18.75	12		50 1.25		59,51321839...
86,65172413...	75 21.25	7		25 1.25		36,0252873...
299,3172413...	100 52.5	14		50 1.25		86,17787356...
86,65172413...	75 32.5	8		25 0.625		37,96278735...
86,65172413...	75 15	5		25 0.625		34,54612068...

Рис. 3. Показатели подсчитанных индексов (I_p) и AQI

На основе этих данных создана картограмма (рис. 4), на которой можно заметить наибольшее загрязнение воздуха в диапазоне умеренный (51-100) в Центральной части города, и в концентрации промышленных зон Заводского района в пределах Минского тракторного и автомобильного заводов, ТЭЦ-3.

Хочется отметить, что данные по мониторингу загрязнения атмосферного воздуха изменяются с меньшей периодичностью, нежели почвенные показатели, что должно привести к реализации сводных значений, что позволит включить в себя как качественные показатели (например, дни года с "хорошим" качеством воздуха), так и описательную статистику (например, медианное значение AQI).

Сводный анализ за текущий год неполный, т.к. данные собираются ежедневно. Данные за текущий год считаются предварительными.

Качество воздуха ухудшается с увеличением концентрации загрязняющих веществ. Индекс качества воздуха представляет собой серьезность загрязнения для обычных людей, прямое влияние на здоровье и самочувствие человека. Люди, проживающие, или долго-находящиеся в пределах загрязненного района с $AQI > 50$ наиболее склонны к хроническим заболеваниям.

Проанализированы данные медицинских и экологических официальных сайтов. Был сделан вывод, что совокупность загрязнения почв и атмосферного воздуха (AB) напрямую влияет на здоровье человека.

Для того чтобы более подробно изучить совокупность этих двух элементов экологической среды г. Минска, территория была разбита на 52 тайловых [4, 10] участка размерами каждого 2,3 км (рис. 5). В пределах каждого участка располагались посты наблюдения AB и пробоотборы почв (учитывались ближайшие). Выведен новый показатель – индекс качества окружающей среды Environmental Quality Index (EPI).

$$EPI = (0,30 \cdot AQI) / ((Z_{cm}/n) - 1) + (0,15 \cdot Z_{cm}),$$

где AQI – индекс качества AB; Z_{cm} – комплексный показатель суммарного загрязнения почв; n – кол-во ТМ; 0,30 и 0,15 принимаются за поправочные коэффициенты.

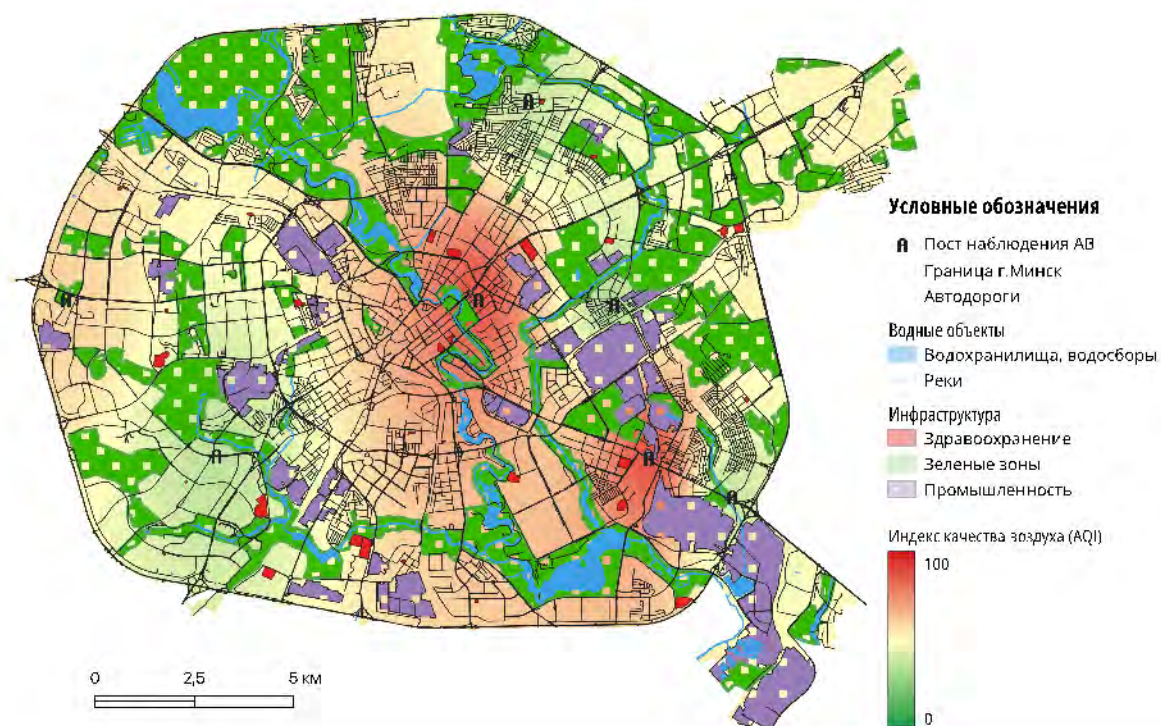


Рис. 4. Картограмма индекса загрязнения атмосферного воздуха AQI г. Минска

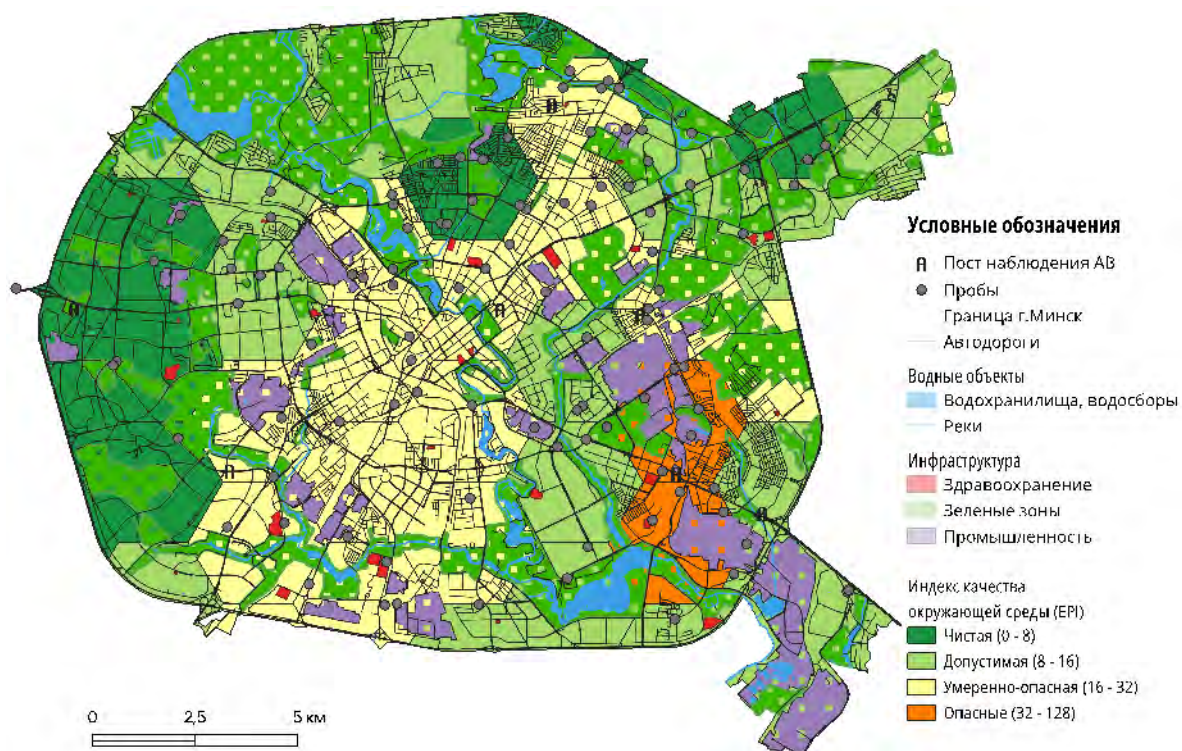


Рис. 5. Картограмма индекса загрязнения окружающей среды EQI г. Минска

Индекс является разработанным, субъективным, однако исходя из проанализированных источников и взаимосвязи между двумя составными частями окружающей нас среды, можно заметить зависимость между данными $Z_{ст}$ и AQI. Наибольший индекс суммарного загрязнения почв приходится на концентрацию промышленных зон в Заводском районе, и довольно крупных предприятий в южной части города. Также и с индексом загрязнения атмосферного воздуха, наибольший показатель варьируется в центре города, и в промышленных зонах Заводского района, затрагивая южную часть изучаемой территории. Индекс разделен диапазоном с 4 значениями: чистая окружающая среда (ОС) 0-8 баллов, допустимая 8-16, умеренно-опасная 16-32, опасная 32-128.

ЕРІ посредством ГИС-анализа предоставляет возможность проводить пространственную обработку данных, выявляя корреляции между различными факторами и определяя потенциальные экологические риски. Может использоваться для выявления зон с повышенным риском для здоровья человека, основываясь на индексе загрязнения ОС, что дает увидеть полноценную картину, с определенным местоположением нарушения качества почв и АВ.

Загрязнение почвы влияет на: загрязнение воды, загрязнение пищевых цепей, прямое воздействие на земледелие. Атмосферное загрязнение, в свое время, может привести к: заболеваниям дыхательных путей, сердечно-сосудистые заболевания, воздействие на психическое здоровье, влияние на детское здоровье.

Обратив внимание на картограммы, можно сделать выводы, что самый загрязненный участок г. Минска – Заводской район в пределах предприятий МПЗ, МТЗ, МАЗ, ММЗ, Рессорный завод, ТЭЦ-3; Октябрьский и Московский районы.

Необходимо усилить меры и контроль по охране ОС, сокращение выбросов вредных веществ и внедрение технологий с низким воздействием на окружающую среду в целях поддержания благополучия общественного здоровья. Рассмотреть вариант введение единого индекса ЕРІ для более углубленного изучения влияния загрязнения АВ и почв на здоровье людей.

Часть больниц, например УЗ №5 ГКБ и УЗ №4 ГДКБ располагаются в пределах границ опасных гексагональных районов под номером 37-38, что влияет на состояние здоровья человека, а тем более ребенка.

Рациональное планирование строительства, реновации, переноса учреждений здравоохранения в безопасные районы города Минска с индексом в допустимом диапазоне 0-16 ЕРІ.

Библиографические ссылки

1. Арканов А. А. Токсичность тяжелых металлов // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 98-98.
2. Водяницкий Ю. Н., Ладонин Д. В., Савичев А. Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. М., 2012. 304 с.

3. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды и пути их решения: учеб. метод. пособие. Ленинград: Гидрометиздат, 1984. 560 с.
4. Гексагональные тайловые миры. Алгоритмы построения тайловых сеток [Электронный ресурс] // Хабр: сайт. URL: <https://habr.com/ru/articles> (дата обращения: 18.10.2023).
5. Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды [Электронный ресурс] // НСМОС: сайт. URL: <https://www.nsmos.by> (дата обращения: 18.10.2023).
6. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]: Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь. URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/blr112963.pdf> (дата обращения: 21.10.2023).
7. Status of lead accumulation in agricultural soils across China (1979–2016) / T. R. Shi [et al.] // Environmental international. 2019. № 129. URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/blr112963.pdf> (date of access: 06.08.2023).
8. AirNow [Electronic resource] // URL: <https://www.airnow.gov/aqi/aqi-basics> (date of access: 06.08.2022).
9. Environmental Protection Agency [Electronic resource] // URL: <https://www.epa.gov> (date of access: 21.05.2022).
10. Flexible level editor [Electronic resource] // Tiled: сайт. URL: <https://www.mapeditor.org> (date of access: 12.07.2022).

ВЫЯВЛЕНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

К. Я. Лис¹⁾, А. А. Топаз²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь, email: liskarina72@gmail.com

²⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь

Представлены методические подходы к дешифрированию данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для целей выявления и картографирования выгоревших территорий по серии последовательных космических снимков до и после пожара. Использовано три набора спутниковых данных – Landsat-8, Sentinel-2, БКА. В качестве модельного объекта выступает территория вблизи д. Пустая Гряда, расположенная в Лоевском районе Гомельской области, в пределах которой 19–20 августа 2020 г. был выявлен природный пожар.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли; космические снимки; БКА; Landsat-8; Sentinel-2; классификация; спектральные индексы.

IDENTIFICATION AND MAPPING CONSEQUENCES OF FOREST FIRES ACCORDING TO REMOTE SENSING DATA

К. Y. Lis¹⁾, A. A. Topaz²⁾

¹⁾ Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4,
220030, Minsk, Belarus, email: liskarina72@gmail.com

²⁾ Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4, 220030, Minsk, Belarus

Methodological approaches to deciphering Earth remote sensing (ERS) data are presented for the purpose of identifying and mapping burned areas using a series of sequential satellite images before and after a fire. Three sets of satellite data were used – Landsat-8, Sentinel-2, BKA. The model object is the territory near the village of Pustaya Gryada, located in the Loyevsky district of the Gomel region, within which a natural fire was detected on August 19-20, 2020.

Keywords: remote sensing of the Earth; satellite images; BKA; Landsat-8; Sentinel-2; classification; spectral indices.

Одной из значимых проблем, наносящих экономический и экологический ущерб, являются пожары. Своевременное и точное выявление и картографирование выгоревших территорий имеет важное значение для раз-

работки превентивных восстановительных мер с целью смягчения негативных последствий. В настоящее время ежедневно получаемая космическая информация широко применяется для оперативного мониторинга природных пожаров.

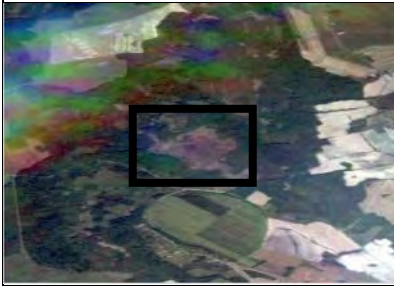
В целом, возможности космического мониторинга лесных пожаров определяются оперативностью съёмки, пространственным разрешением и доступностью снимков [1].

В качестве объекта исследования (модельного объекта) выступает территория вблизи д. Пустая Гряда (МО «Пустая Гряда»), расположенная в Лоевском районе Гомельской области. В пределах МО «Пустая Гряда» по данным Глобальной системы управления информацией о пожаре Fire Information for Resource Management System / Global Fire Information Monitoring System (GFIMS) 19-20 августа 2020 г. был выявлен природный пожар ($52^{\circ}0'33.15''\text{B}$, $30^{\circ}38'14.43''\text{L}$) на территории ГЛХУ «Лоевский лесхоз» [2]. Площадь выгоревшей территории составила около 60 га. Территория модельного объекта расположена в Полесской провинции и относится к Гомельскому Полесью, находящемуся на юго-востоке Беларуси. На территории исследования МО «Пустая Гряда» произрастают смешанные леса, преобладающими древесными породами являются сосна и береза.

Исходный набор данных ДЗЗ на территорию МО «Пустая Гряда» включает данные 3-х съёмочных систем – БКА (МСС), Landsat-8 (OLI), и Sentinel-2A (MSI) на даты до и после пожара, максимально близкие к дате пожара. Также при выборе дат, учитывалась периодичность съёмок сразу для 3-х съёмочных систем, а также наличие/отсутствие облачности на снимках.

Одним из основных направлений использования многозональных снимков остается создание (синтез) цветных изображений, как для визуального, так и для автоматизированного дешифрирования. Чтобы получить такое изображение, из серии зональных снимков выбирают три, окрашивают их в красный (R-red), зеленый (G-green) и синий (B-blue) цвета и совмещают.

Варианты синтеза спектральных каналов Red, Green, Blue «естественные цвета» и NIR, Red, Green «искусственные цвета», являются основными и наиболее часто применяемыми при визуальном дешифрировании объектов по материалам многозональной съёмки, что обусловлено, с одной стороны, визуальными особенностями восприятия изображения, с другой стороны – техническими возможностями съёмочной аппаратуры: каналы Blue (синий), Green (зелёный), Red (красный) и NIR (ближний инфракрасный) являются базовым набором спектральных каналов практически для любой многозональной съёмочной системы. Синтез каналов с использованием коротковолнового диапазона (SWIR) доступен лишь для снимков Landsat-8 и Sentinel-2.

3-2-1, БКА (МСС), 10,5 м/пиксель	4-3-2, Landsat-8 (OLI), 30 м/пиксель	4-3-2, Sentinel-2A (MSI), 10 м/пиксель
		
снимок до пожара 06.08.2020	снимок до пожара 16.08.2020	снимок до пожара 05.08.2020
		
снимок после пожара 17.09.2020	снимок после пожара 17.09.2020	снимок после пожара 17.09.2020

□ – обозначение выгоревшей территории

Рис. 1. Космические снимки БКА, Landsat-8 и Sentinel-2A в синтезе каналов Red-Green-Blue на территорию исследования

При выполнении неконтролируемой классификации или классификации без обучения с помощью алгоритма ISODATA были получены данные с низкой степенью валидности, что связано в первую очередь со смешением объектов разных классов, обладающих схожими спектральными характеристиками.

Более достоверными оказались результаты контролируемой классификации, при которой учитывается априорная информация о типах объектов и вероятность их представления данными снимка, а также эталонные значения спектральных характеристик этих объектов.

Для выполнения контролируемой классификации использовался способ параллелепипедов. Способ параллелепипедов (Parallelepiped Classification) применяют в том случае, если значения спектральной яркости дешифрируемых объектов практически не перекрываются и количество классов невелико [3].

Наиболее точный результат выявления последствий пожара на основе выполнения контролируемой классификации был получен по данным Sentinel-2A.

Одним из основных дешифровочных признаков объектов земной поверхности является спектральная отражательная способность, характеризующаяся различиями в отражении излучения разных длин волн. Знания о связи структуры и состояния исследуемого объекта с его отражательными способностями позволяют использовать космические снимки для идентификации этого объекта, в том числе посредством использования спектральных индексов [4].

Наиболее широкое практическое применение для определения выгоревших территорий получили спектральные индексы BAI, NBR (NBRI), NDVI [5]. Расчёт спектральных индексов для определения выгоревших территорий выполнялся в ENVI 5.3.

Следует также отметить, что формула расчета индекса NBRI имеет сходство с NDVI, за исключением того, что сочетает в себе использование как ближнего инфракрасного (NIR), так и коротковолнового инфракрасного (SWIR) диапазонов длин волн, что делает невозможным расчет индекса NBRI по данным БКА. Таким образом спутниковые данные Landsat-8 и Sentinel 2-A обладают наилучшим соотношением спектральных показателей, предоставляя возможность расчета всех трех индексов (BAI, NBRI, NDVI) (рис. 2).

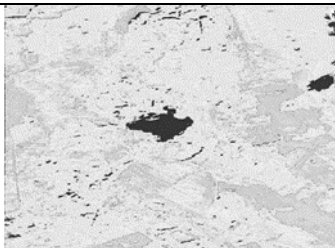
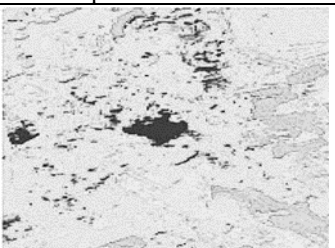
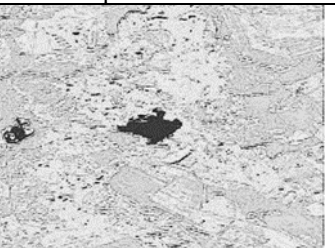
По снимку БКА после пожара 17.09.2020 г.	По снимку Landsat-8 после пожара 17.09.2020 г.	По снимку Sentinel-2A после пожара 17.09.2020 г.
		

Рис. 2. Итоговые изображения выявления изменений на основе разности индекса NDVI по данным БКА, Landsat-8 и Sentinel-2A

Для картографического оформления и оценки площади пострадавших лесных угодий в ГИС ArcGIS был создан векторный слой в виде полигона выгоревшего участка. Применив инструмент «Вычислить геометрию» (Calculate Geometry), который позволяет получать доступ к геометрическим свойствам пространственных объектов слоя, была рассчитана площадь выгоревшего участка, которая составила 60 га. В режиме «Вид компоновки» ГИС ArcGIS выполняется картографическое оформление (разработка компоновки, легенды карты, добавление при необходимости дополнительных данных и вспомогательного оснащения) (рис. 3).

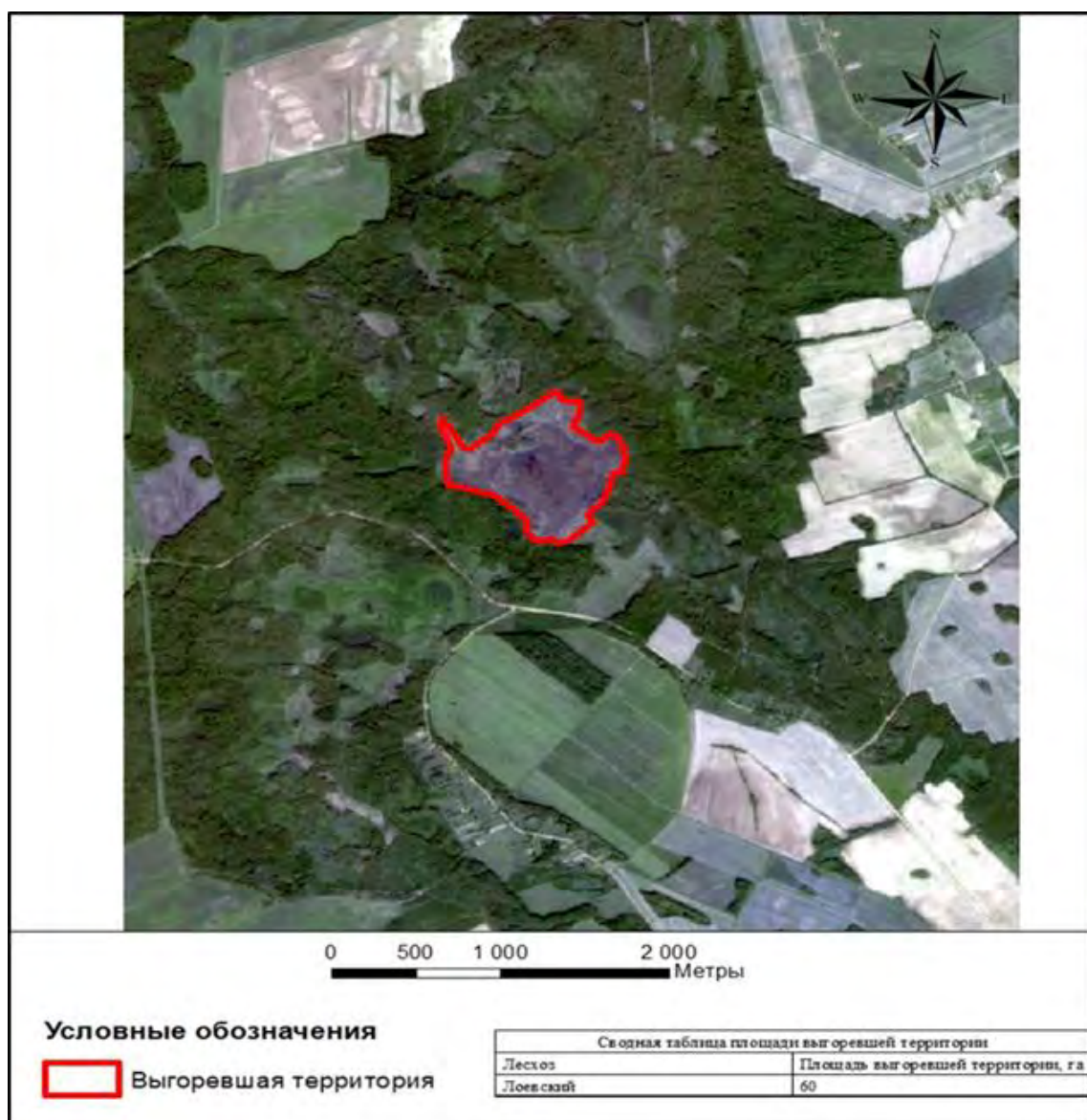


Рис. 3. Последствия пожара на территории ГЛХУ «Лоевский лесхоз» по материалам космической съемки Sentinel-2A

Таким образом, для выявления и картографирования последствий лесного пожара по данным разновременных снимков трех съемочных систем были применены различные методы цифровой обработки космической информации. Описанный подход в связи с потенциалом большого охвата территории, быстрого анализа при помощи компьютерных программ, снижения работ, выполняемых в полевых условиях, является эффективным и целесообразным.

Библиографические ссылки

1. Национальная система сбора, обработки и анализа информации о природных пожарах и ее сопряжение с международными и региональными информационными сетями. В: Управление лесными пожарами на экорегиональном уровне / А. И. Беляев [и др.] // Материалы Международного научно-практического семинара; 9–12 сентября 2003 г.; Хабаровск, Россия. Москва: Алекс, 2004. С. 156–166.
2. Fire Information for Resource Management System (FIRMS) [Electronic resource]. URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/> (date of access: 10.12.2022).
3. *Тоназ А. А., Казяк Е. В.* Цифровая обработка космических снимков в программном комплексе ENVI: учеб.-метод. пособие. Минск: БГУ, 2018. 79 с.
4. *Тоназ А. А.* Методы дистанционных исследований: электронный учебно-методический комплекс для специальностей: 1-31 02 01 «География (по направлениям)», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-33 01 02 «Геоэкология», 1-56 02 02 «Геоинформационные системы (по направлениям)» / БГУ, Фак. географии и геоинформатики, Каф. геодезии и космоаэрокартографии. Минск: БГУ, 2022. 127 с.
5. Галерея индексов ArcGIS Pro [Электронный ресурс]. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/data/imagery/indices-gallery.htm> (дата обращения: 12.12.2022).

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПИРОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Ю. А. Масютина

*Институт геологии и природопользования ДВО РАН,
пер. Рёлочный, 1, 675000, г. Благовещенск, Россия, email: Ellada308@mail.ru*

Представлены результаты обработки спутниковых снимков Landsat на платформе Google Earth Engine, рассчитан спектральный индекс dNBR для обширной территории на трансекте вдоль автодороги «Лена». На эту же территорию была составлена карта пирогенно-нарушенных участков, которые классифицированы по периоду возникновения повреждений.

Ключевые слова: Google Earth Engine; ДЗЗ; dNBR; лесные пожары.

ON THE ISSUE OF DETERMINING PYROGENIC-DISTURBED FOREST LANDSCAPES BY REMOTE METHODS

Yu. A. Masyutina

*Institute of geology and nature management FEB RAS,
Relochny Lane, 1, 675000, Blagoveshchensk, Russia, email: Ellada308@mail.ru*

The results of processing Landsat satellite images on the Google Earth Engine platform are presented, the dNBR spectral index is calculated for a vast territory on the transect along the “Lena” highway. A map of pyrogenic-disturbed areas was compiled for the same territory, which are classified by the period of damage occurrence.

Keywords: Google Earth Engine; RS; dNBR; dNBR; forest fires.

Исследование пирогенных нарушений лесных ландшафтов давно уже невозможно представить без применения данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). При работе с ДЗЗ исследователю, использующему настольные ГИС-приложения, прежде чем приступить непосредственно к анализу данных и их преобразованию для получения готового научного продукта, необходимо провести отбор и предварительную обработку этих данных. Если объектом исследования является обширная территория подготовительный этап может занимать до 80 % всего времени, затрачиваемого на работу [1, 2]. Поэтому в настоящее время активно развиваются облачные сервисы, с помощью которых можно не только просматривать спутниковые изображения, но и проводить их глубокую обработку без вы-

грузки на компьютер или съемные носители. В представленном исследовании анализ пирогенных нарушений лиственных лесов российского Дальнего Востока и Сибири был проведен на базе одного из таких сервисов – онлайн-платформе Google Earth Engine, которая служит не только как хранилище больших геоданных, но прежде всего как высокопроизводительный вычислительный ресурс для их обработки [3].

Район исследования – территория общей площадью более 160 тыс. км², вытянутая субмеридионально вдоль автодороги А-360 – «Лена» и занятая преимущественно лиственной тайгой, где пожары являются основным видом нарушений растительного покрова. В пределах территории было заложено 15 пробных площадей (среди них как подвергавшиеся пожарам в разные годы за период дистанционных наблюдений, так и не прогоравшие за тот же период), на которых помимо прочего оценивалось количество сухостоя, валежной древесины и породный состав древесных растений.

При изучении пожаров и пожарной динамики основной группой дистанционных методов, предоставляющей широкие возможности для решения таких вопросов как определение периода возникновения пожара, оценка восстановительной динамики нарушенных ландшафтов, степени пирогенного воздействия (*burn severity*) на территорию и в общем тренда на увеличение или уменьшение пожарной нагрузки является т. н. обнаружение изменений (*change detection*). К этой группе методов относится расчет спектрального индекса *dNBR* (*differenced Normalized Burn Ratio*) – наиболее используемый способ дистанционного анализа пирогенно-нарушенных ландшафтов [4, 5], он производится путем вычитания растровых изображений в паре ранний-поздний, соответственно. Индекс *dNBR* основан на *NBR* (**N**ormalized **B**urn **R**atio) – нормализованном коэффициенте выгорания, который используется прежде всего для идентификации, определения границ и картографирования гарей. *NBR* рассчитывается как отношение разности к сумме спектральных яркостей в ближнем инфракрасном и коротковолновом инфракрасном диапазонах [4]:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR2}{NIR + SWIR2}$$

Соответственно *dNBR* – разность между полученными значениями допожарного (*prefireNBR*) и послепожарного (*postfireNBR*) снимков:

$$dNBR = prefireNBR - postfireNBR$$

Расчет индексов NBR и dNBR на платформе Google Earth Engine производился сразу на всю исследуемую территорию путем написания кода с помощью API на Java Script. Для этого на исследуемую область были загружены два набора данных, первый из которых включал снимки Landsat 5 за период с 1986 по 1996 гг. (79 снимков), второй – снимки Landsat 8 с 2018 по 2021 гг. (138 снимков). Достаточно большой временной интервал для первой мозаики объясняется малым количеством доступных снимков в период 80-х и 90-х годов, а для того, чтобы построить безоблачную мозаику желательно иметь как можно больше снимков. При формировании коллекций к загруженным данным были применены фильтры по летним месяцам, с облачностью менее 10%, также проведена фильтрация и обрезка по области интереса. Для каждой коллекции была создана мозаика безоблачных изображений с использованием функции `median()`. Медианная мозаика представляет собой одно изображение, где каждый пиксель представляет медианное значение из всех пикселей в соответствующей позиции на всех изображениях коллекции [6]. Использование данной функции также помогает удалить облака и тени (при достаточном количестве изображений), принцип заключается в том, что облака и тени имеют крайние значения коэффициентов отражения, использование же медианного значения пикселя помогает создать безоблачную мозаику. После создания мозаик для каждой из них был рассчитан индекс NBR, с помощью функции `NormalizedDifference()` [7]. Для вычисления NBR в мозаике Landsat 5 (NBR1) использовалась нормализованная разность значений пикселей для каналов 4 и 7, в мозаике Landsat 8 (NBR2) соответственно для каналов 5 и 7. Затем, с помощью функции `subtract()` [8] путём вычитания изображения NBR1 из NBR2 был вычислен индекс dNBR. Полученные результаты были визуализированы, через задание необходимых параметров, таких как максимальное и минимальное значения и цветовая палитра, и затем загружены на Google Disk в формате GeoTIFF.

На основе индексного изображения dNBR была создана карта пирогенно-нарушенных участков, дифференцированных по периоду возникновения (рис. 1), где были выделены: негоревшие участки, значения dNBR которых находятся в диапазоне от -0,1 до 0,1; прогоравшие до 1996 г., которые легко определяются в следствие постепенного восстановления растительного покрова, они характеризуются значениями dNBR ниже -0,1; и территории, прогоравшие после 1996 г., значения dNBR, которых будут выше 0,1. Также были подсчитаны суммарные площади гарей в исследуемом регионе, которые составили для гарей, возникших до 1996 г., 816900 га, а для гарей, возникших в результате пожаров после 1996 г. – 883400 га.

Дифференциация же территорий по степени пирогенной нарушенности применительно к данному исследованию, является задачей куда более

сложной. Key, Venson в своей статье [4] определили примерные диапазоны значений dNBR соответствующие негоревшей территории, а также легкой, средней и высокой степени пирогенного повреждения. По утверждению тех же авторов, диапазоны значений dNBR являются гибкими, возможны сдвиги пороговых значений. Однако, предложенные пороговые значения применяются прежде всего для анализа конкретной гари на небольшой территории, также важным фактором является то, через какой период после пожара был сделан снимок. Обычно dNBR рассчитывается по двум снимкам – до- и послепожарному, при этом послепожарный снимок должен быть сделан через год-два, после прошедшего пожара. По этим причинам, предложенное авторами [4], ранжирование данного индекса в нашем случае мало применимо, поскольку в данном исследовании предпринята попытка оценить степень пирогенной нарушенности на достаточно большой территории, участки которой, подвергались пожарам разной степени интенсивности и в разное время.

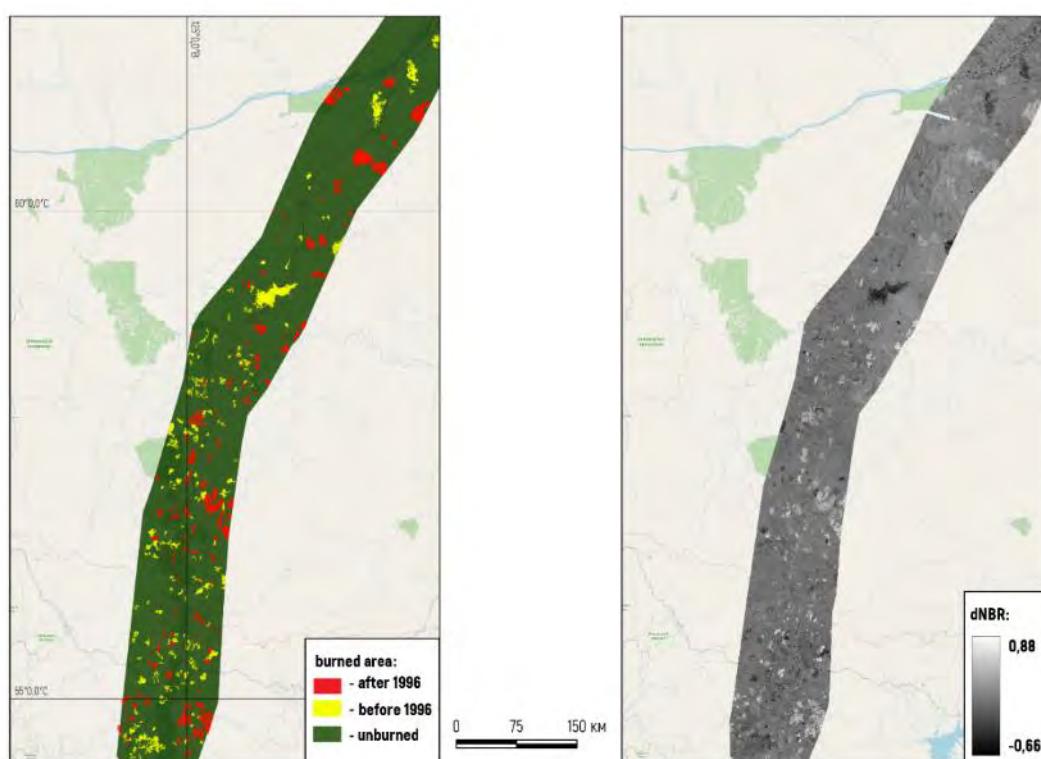


Рис. 1. Слева – пирогенно-нарушенные ландшафты на трансекте вдоль а/д «Лена», дифференцированные по периоду возникновения; справа – индексное изображение dNBR на ту же территорию

Тем не менее для выявления зависимости значений индекса с имеющимся небольшим объемом данных полевых исследований был проведен регрессионный анализ, показавший достоверную связь dNBR с данными

о количестве сухостоя на тестовых участках ($R^2 = 0,83$) (рис. 2). В будущем при пополнении данных полевых исследований возможно составить более полную картину изменений dNBR и ранжировать данный показатель в зависимости от степени пирогенной нарушенности в контексте изучения не одного конкретного пожара, а общей картины пирогенных нарушений, на значительных площадях.

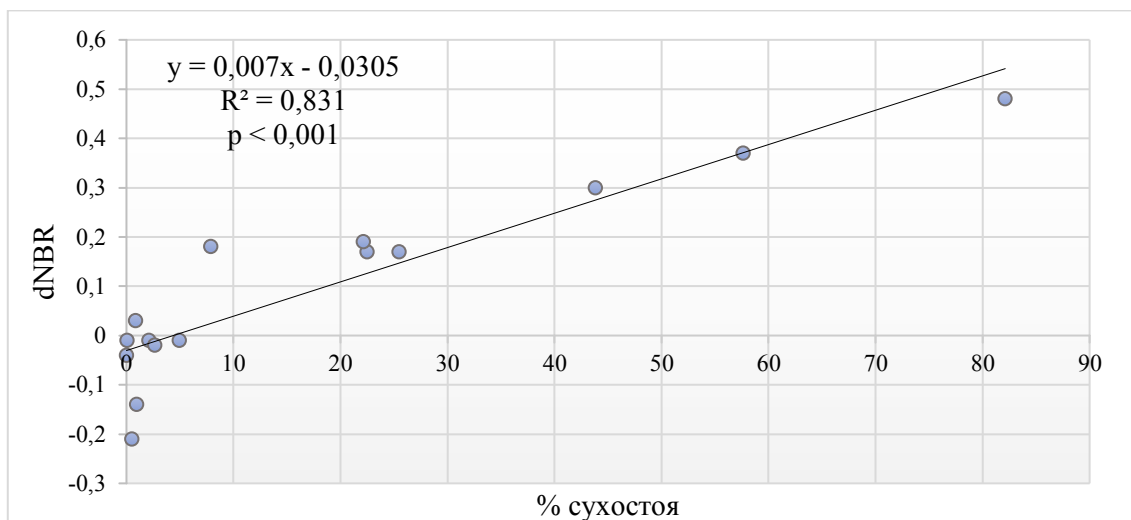


Рис. 2. Диаграмма зависимости между значениями dNBR и долей сухостоя на пробных площадях ($n = 15$) в пределах исследуемой области

Результаты работы показывают на возможность применения индекса dNBR для выявления пирогенно-нарушенных ландшафтов на обширных территориях. С помощью полученных индексных мозаик на появляется возможность картографирования площадей, пройденных пожарами с достаточно высокой четкостью. Использование же для анализа данных платформы Google Earth Engine, которая является мощным инструментом для исследований в области геопространственного анализа, мониторинга окружающей среды и многих других областей, требующих работы с гео-данными, позволило максимально сократить процесс. Использование облачных технологий при работе с данными ДЗЗ открывает новые возможности для исследователей значительно сокращая время, затрачиваемое на отбор и обработку снимков.

Библиографические ссылки

1. Большие данные в геофизике и других науках о Земле / А. Д. Гвишиани [и др.] // Физика Земли. 2022. № 1. С. 3–34.
2. Kempler S., Mathews T. Earth Science Data Analytics: Definitions, Techniques and Skills // Data Science Journal. 2017. Vol. 16. № 6.
3. GoogleEarth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone / N. Gorelick [et al.] // Remote Sensing of Environment. 2017. Vol. 202 (Suppl. C). P. 18–27.

4. *Key C., Benson N.* Landscape Assessment: Ground measure of severity, the Composite Burn Index; and Remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio // USDA Forest Service Gen Tech. Rep. 2006.

5. Wildfire Dynamics along a North-Central Siberian Latitudinal Transect Assessed Using Landsat Imagery / Y. Dvornikov [et al.] // Remote Sensing. 2022. № 14 (3). № 790.

6. Google Earth Engine. ImageCollection.median. URL: <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-imagecollection-median> (date of access: 03.08.2023).

7. Google Earth Engine. ee.Image.normalizedDifference. URL: <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-image-normalizeddifference> (date of access: 03.08.2023).

8. Google Earth Engine. ee.Image.subtract. URL: <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-image-subtract> (date of access: 03.08.2023).

ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ Г. КАЗАНЬ ПАРКОВЫМИ ЗОНАМИ ПРИ ПОМОЩИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Д. Д. Миронов¹⁾, К. А. Физер²⁾, Д. Р. Багаутдинов³⁾

¹⁾ Казанский (Приволжский) федеральный университет,
ул. Кремлевская 18, 420008, г. Казань, Россия, email: alister.smart@yandex.ru

²⁾ Казанский (Приволжский) федеральный университет,
ул. Кремлевская 18, 420008, г. Казань, Россия, email: kirafiz555@yandex.ru

³⁾ Казанский (Приволжский) федеральный университет,
ул. Кремлевская 18, 420008, г. Казань, Россия, email: denrbagautdinov@gmail.com

Данная статья посвящена исследованию обеспеченности города Казань парковыми зонами с использованием современных геоинформационных технологий. Авторы провели анализ распределения и доступности парковых территорий в различных районах города, основываясь на данных, полученных с использованием космических снимков LandSat и Sentinel. Статья представляет методику оценки обеспеченности городской среды парковыми зонами.

Ключевые слова: Казань; парковые зоны; обеспеченность; геоинформационные технологии.

ASSESSMENT OF THE AVAILABILITY OF PARK ZONES IN THE CITY OF KAZAN USING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES

D. D. Mironov¹⁾, K. A. Fizer²⁾, D. R. Bagautdinov³⁾

¹⁾ Kazan (Volga region) Federal University,
18 Kremlin Street, 420008, Kazan, Russia, email: alister.smart@yandex.ru

²⁾ Kazan (Volga region) Federal University,
18 Kremlin Street, 420008, Kazan, Russia, email: kirafiz555@yandex.ru

³⁾ Kazan (Volga region) Federal University,
18 Kremlin Street, 420008, Kazan, Russia, email: denrbagautdinov@gmail.com

This article is dedicated to the assessment of the provision of park areas in the city of Kazan using modern geoinformation technologies. The authors conducted an analysis of the distribution and accessibility of park areas in various city districts, based on data obtained from LandSat and Sentinel satellite imagery. The article presents a methodology for evaluating the provision of urban environments with park areas.

Keywords: Kazan; park zones; provision; geoinformation technologies.

В современной урбанистике все большее значение уделяется организации и планированию общественных пространств. Необходимость и актуальность развития парковых зон растет прямо пропорционально увеличению города. Наличие парковых зон несет в себе массу функций. Например, в связи с ростом населения и городской застройкой увеличивается дефицит зеленых зон в городах, что приводит к ухудшению экологической обстановки и здоровья населения. Парк является небольшим биоценозом, сочетающим в себе элементы дикой природы и антропогенного вмешательства. Наличие таких биоценозов в городе необходимо, так как они создают благоприятные санитарно-гигиенические и микроклиматические условия.

Актуальным становится использование геоинформационных систем (ГИС) при оценке обеспеченности города Казань парковыми зонами. Это обусловлено несколькими факторами.

Во-первых, ГИС предоставляют возможность проведения пространственного анализа местоположения парков и зеленых зон в городе. С помощью ГИС можно определить, где именно в городе отсутствуют парки или где их наличие является недостаточным. Это позволяет городским властям и планировщикам более эффективно планировать развитие зеленых пространств.

Во-вторых, ГИС позволяют учитывать демографические данные при анализе обеспеченности парковыми зонами. Это важно, так как спрос на рекреационные зоны может различаться в зависимости от населения разных районов города. ГИС помогают определить, где наибольшая потребность в новых парках и зеленых зонах.

Третий аспект связан с экологической устойчивостью города. ГИС позволяют проводить анализ экологических параметров, таких как качество воздуха и биоразнообразие, в различных парках. Это позволяет оценить вклад зеленых зон в улучшение экологической обстановки и здоровья населения.

Прежде всего, требуется установить точное определение термина «парковая зона». В большинстве случаев, исследователи в области урбанистики формулируют следующее понимание: парковая зона – это общественное пространство, встречающееся в городской среде и предназначенное для рекреации и социального взаимодействия населения с целью обеспечения благоприятных экологических условий, улучшения микроклимата, а также повышения эстетической привлекательности и функциональной ценности городской территории. Парковые зоны находятся в числе важных компонентов городской инфраструктуры и выполняют существенную роль в организации и планировании городской среды.

Для оценки уровня обеспеченности городской среды парковыми зонами применяются разнообразные методологии и подходы, включая использование геоинформационных технологий и статистических методов анализа данных. Подобные оценки, в свою очередь, могут быть ценным

инструментом для муниципальных органов при разработке стратегических планов развития городской инфраструктуры, а также при принятии решений о размещении новых объектов инфраструктуры и градостроительных проектах.

Один из ключевых методов оценки доступности городской среды парковыми зонами заключается в применении геоинформационных систем (ГИС). ГИС предоставляют возможность анализировать и обрабатывать геопространственные данные, что включает в себя:

Анализ местоположения парков и зеленых зон: ГИС позволяют проводить географический анализ местоположения парков и других зеленых территорий в городе.

оценку доступности парков: С использованием различных параметров, таких как расстояние, время пути и доступность средств транспорта, ГИС помогают определить, насколько удобно горожанам добираться до парков.

количественную характеристику обслуживания: ГИС позволяют определить количество зеленых площадей и парковых зон на душу населения, что позволяет оценить уровень обслуживания горожан зелеными пространствами.

прогнозирование будущего развития: ГИС также применяются для прогнозирования потребности в парковых зонах с учетом изменения демографических и экономических факторов, что позволяет выработать стратегии развития городской среды.

следовательно, геоинформационные технологии облегчают процесс сбора, анализа и визуализации геопространственных данных, способствуя принятию информированных решений в сфере городского планирования и развития инфраструктуры.

В данном исследовании были задействованы космические снимки, полученные с использованием спутниковых систем наблюдения Земли, таких как LandSat и Sentinel, с целью осуществления процесса оцифровки и векторизации территорий, являющихся частью парковых зон в городской среде.

Применение космических снимков LandSat и Sentinel предоставило исследователям уникальную возможность осуществить дистанционное зондирование и детальное изучение городских ландшафтов, включая парковые зоны. Снимки, полученные эти спутниковые системы, обладают высоким разрешением и широким охватом, что обеспечивает достоверность и актуальность данных для дальнейших геоинформационных анализов.

Процесс оцифровки и векторизации парковых территорий на основе космических снимков представляет собой методологически сложный процесс, который включает в себя выделение и классификацию элементов парковой зоны, а также создание векторных данных, точно описывающих кон-

туры и характеристики этих элементов. Этот процесс обеспечивает создание точных геопространственных данных, которые могут быть использованы для детального анализа и управления городскими парковыми зонами.

На основе данных оцифровки были рассчитаны площади объектов озеленения и сопоставлены с численностью населения районов города в таблице 1.

Таблица 1

**Численность населения и площадь зеленых насаждений
по административным районам г. Казань**

Название района	Численность населения, чел	Площадь объектов озеленения, га	Площадь объектов озеленения общего пользования м ² /чел
Ново-Савиновский	222926	80,7	3,6
Приволжский	272527	428,5	15,7
Советский	336927	275,1	8,2
Московский	133168	249,9	18,3
Кировский	140001	3239,4	231,4
Вахитовский	85005	130	15,3
Авиастроительный	118106	32,4	2,7
Итого	1308660	4430	33,9

Также представлена гистограмма распределения площади объектов озеленения, то есть парковых зон на рисунке 1.

В данном исследовании было успешно применено программное обеспечение Quantum GIS (QGIS) с целью разработки и формирования карто-схемы, отражающей распределение парковых зон в различных районах города Казань. Применение этой геоинформационной системы предоставило исследователям мощный инструмент для геопространственного анализа и визуализации данных о зеленых территориях в городской среде. Процесс использования QGIS включал в себя импорт геопространственных данных о парковых зонах в формате векторных слоев, их геообработку, а также создание тематических карт, подсвечивающих различия в плотности, размере и доступности зеленых территорий в разных районах. Такие картографические представления способствуют более глубокому пониманию пространственного распределения парков и их важности в городской среде. Картограмма распределения площади парков по территории районов г. Казань представлена на рисунке 2.

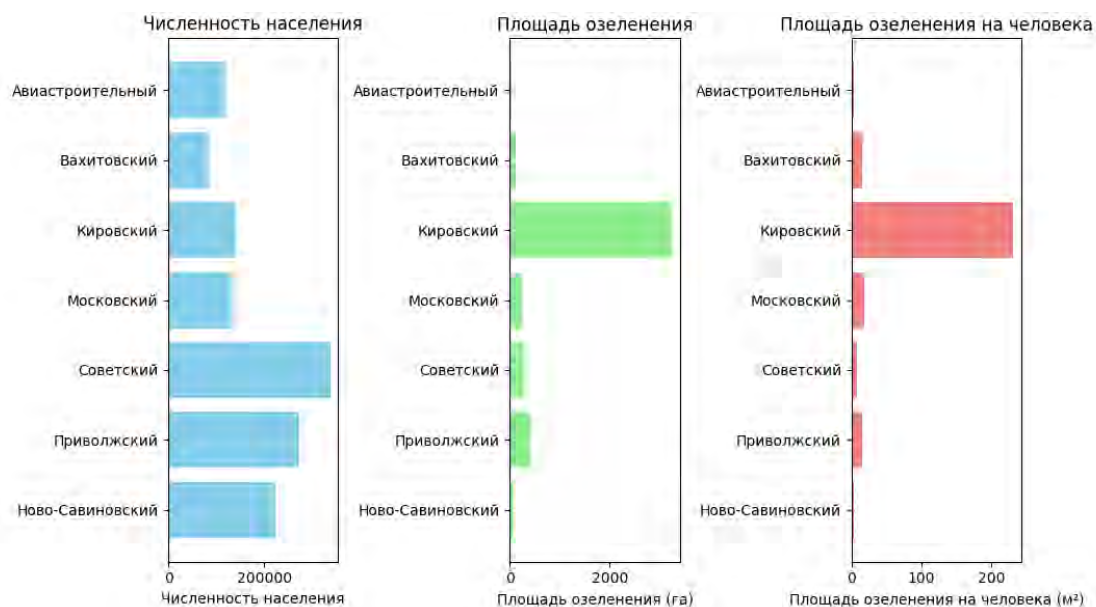


Рис. 1. Распределение численности населения и площади объектов озеленения по районам г. Казань

Распределение площадей парков по территории районов Казани

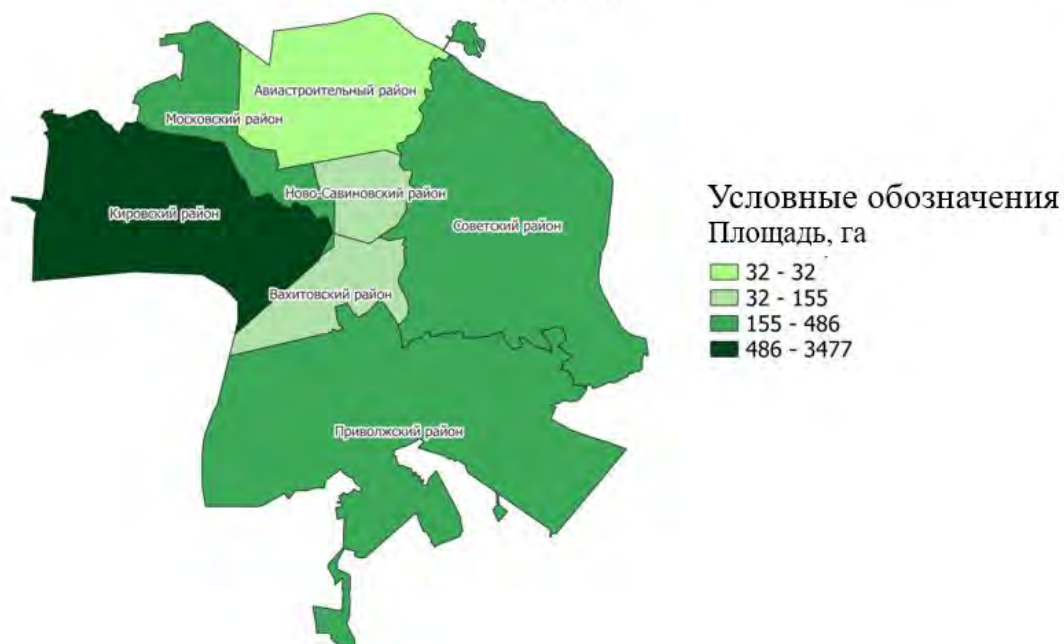


Рис. 2. Распределение площадей парков по территории районов г. Казань

В рамках данного исследования была создана карта, основанная на географической сетке с разрешением 1000 на 1000 метров, с целью оценки

степени обеспеченности различных районов города Казань парковыми зонами. На этой карте были четко определены и выделены географические ячейки, внутри которых находились парковые территории. Этот подход позволил более точно и объективно измерить наличие и распределение зеленых зон в разных частях города, что является важным аспектом в планировании и управлении городской средой. Картосхема обеспеченности парковыми зонами районов г. Казань представлена на рисунке 3.

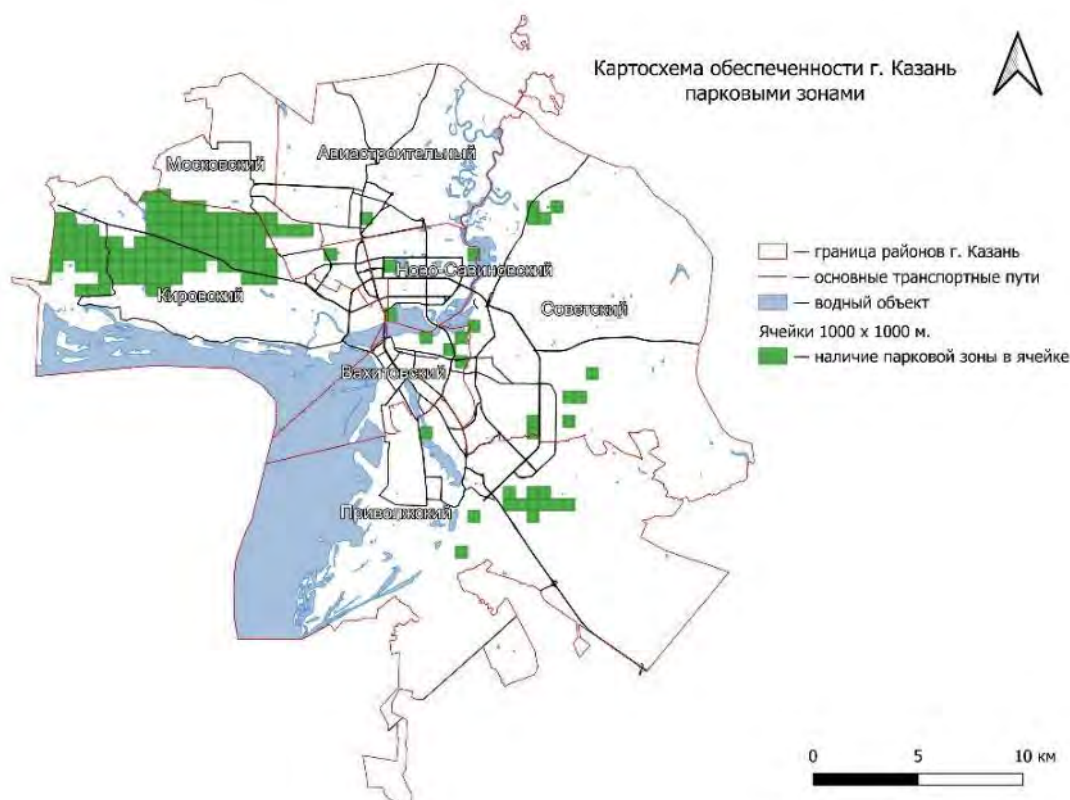


Рис. 3. Картосхема обеспеченности районов г. Казань парковыми зонами

Таким образом, несмотря на вышеуказанные различия в общей площади парковых территорий между Советским и Московским районами (275,1 га и 243,9 га соответственно), обеспеченность населения этими зелеными зонами в Советском районе оказывается вдвое меньше, составляя 8,2 м²/человек. Это объясняется высокой численностью населения в Советском районе по сравнению с Московским (336927 и 133168 человек соответственно).

Отдельно стоит выделить Кировский район, который имеет значительно большие площади озелененных территорий, превышающие 3200 гектаров, и высокую площадь озелененных территорий общего поль-

зования на одного жителя, равную 231,4 м²/человек. Однако следует отметить, что это связано с наличием в данном районе лесопарка "Лебяжье" площадью около 3440 гектаров. Несмотря на его значительные размеры, данный лесопарк находится в отдалении от основных населенных пунктов города, что делает его менее доступным без использования транспорта.

Наименьшей площадью озелененных территорий обладает Авиастроительный район (32,4 гектара) с наименьшей обеспеченностью жителей зелеными территориями, всего 2,7 м²/человек. Вероятно, это обусловлено индустриальным характером района и небольшим численным составом населения.

Приволжский, Советский и Московский районы характеризуются высокими показателями площади озелененных территорий, однако стоит учитывать, что в Приволжском и Кировском районах значительная часть площадей приходится на лесопарки и рощи, которые не всегда обладают характеристиками парковых зон, но активно используются населением для отдыха. Советский район, несмотря на большую общую площадь озелененных территорий (275,1 гектаров), имеет низкую обеспеченность населения этими зонами всего 8,2 м²/человек из-за высокой густонаселенности.

Московский район характеризуется сравнительно высокой обеспеченностью озелененными территориями (18,3 м²/человек), и хотя в районе присутствует множество парковых зон, не все они обладают должным уровнем благоустройства, но все равно используются населением в рекреационных целях.

Вахитовский район, имея более низкий показатель обеспеченности озелененными территориями (15,3 м²/человек) по сравнению с Московским районом, выделяется высоким качеством своих парковых зон. Согласно социальному опросу, проведенному в данном районе, многие респонденты признают парки Вахитовского района приоритетными для отдыха. Этот район, расположенный в центре города Казань, также привлекает туристов, поэтому улучшение благоустройства парковых территорий в нем является важным аспектом развития городской среды.

На основе анализа существующих парковых зон в городе Казань и учета общих принципов развития городских парков, можно выделить следующие рекомендации для улучшения городских парковых зон:

Проведение анализа потребностей населения в озелененных пространствах, включая выявление интересов различных социальных групп. Это позволит определить функции, которые должны выполнять проектируемые парковые зоны.

Использование разнообразных исследовательских методов, таких как анкетирование, интервью, фокус-группы и наблюдение, для выявления предпочтений и потребностей населения. Эти методы помогут определить

популярные типы парков, необходимые услуги и объекты, а также виды деятельности, желательные для реализации в парках.

Учет особенностей различных групп населения, таких как дети, пожилые люди и лица с ограниченными возможностями. Это позволит учесть специфические потребности каждой группы при планировании и организации парковых зон.

Эти рекомендации способствуют созданию более адаптированных и функциональных парковых зон, что в свою очередь способствует улучшению качества жизни горожан, предоставлению комфортных мест для отдыха и способствует сохранению экологического баланса в городской среде.

Библиографические ссылки

1. *Kabisch N., Haase D., Jokisch A.* Urban green spaces and health – a review of evidence. *Urban planning*. 2016. № 1 (4). P. 7–17.
2. *Григорьев А. И.* Парки и зеленые зоны в урбанизированных территориях. Москва: Издательство МГУ, 2008. 252 с.
3. *Кондратенко С.* Парки и скверы: устройство и озеленение. Москва: Дрофа, 2016. 256 с.
4. *Смит Д. Ж., Хантер М. А.* Значение парков в улучшении качества жизни горожан // *Журнал городской среды*. 2019. Т. 12. № 3. С. 51–59.
5. *Терехина Ю. В., Гирфанова Г. Р.* Характеристика и оценка состояния парков и садов в городе Казань // *Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Том 6.* 2019. С. 360–363.

ОПЫТ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ «NEXTGIS ЗАПОВЕДНИК» В ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

С. С. Огурцов

*Центрально-Лесной государственный заповедник, пос. Заповедный, 172521,
Нелидовский городской округ, Тверская область, Россия, email: etundra@mail.ru;
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова
Российской Академии Наук, Ленинский проспект 33, 119071, г. Москва, Россия*

Рассмотрены некоторые возможности применения программного комплекса «NextGIS Заповедник» для эффективной организации научных исследований и охраняемых мероприятий на особо охраняемых природных территориях. На примере ГИС-платформы Центрально-Лесного заповедника продемонстрированы варианты выполнения как традиционных работ отделов науки и охраны (учеты животных, мониторинг пожаров и т.п.), так и современных научных исследований (моделирование пригодности местообитаний видов, фотомониторинг и т.п.).

Ключевые слова: геоинформационные системы; ГИС; заповедник; моделирование пространственного распространения; мониторинг; учеты животных; фотоловушки.

EXPERIENCE AND POSSIBILITIES OF USING THE "NEXTGIS ZAPOVEDNIK" SOFTWARE IN THE CENTRAL FOREST NATURE RESERVE

S. S. Ogurtsov

*Central Forest Nature Reserve, Zapovedniy, 172521, Nelidovo district, Tver region, Russia,
email: etundra@mail.ru
A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Science,
Leninsky Prospekt 33, 119071, Moscow, Russia*

Some possibilities of the "NextGIS Zapovednik" software for effective organization of scientific research and conservation activities in strictly protected areas are considered. On the example of GIS-platform of the Central Forest Nature Reserve the variants of performance of both traditional works of science and protection departments (animal records, fire monitoring, etc.) and modern scientific researches (species distribution and habitat suitability modelling, camera trap monitoring, etc.) are demonstrated.

Keywords: animal counts; camera traps; geographic information systems; GIS; monitoring; nature reserve; photo traps; species distribution modelling.

Сегодня невозможно представить себе работу учреждения, осуществляющего управление особо охраняемой природной территорией (ООПТ),

без использования геоинформационных систем (ГИС). Современные ГИС давно переросли формат только настольных программ и превратились в обширную систему программ, веб-сервисов, мобильных приложений и сопутствующей периферии. Все вместе они предоставляют не только широкие возможности обработки и анализа геоинформации, но и удобную систему управления деятельностью ООПТ. Цифровизация многих традиционных форм полевых работ, массовое применение GPS-приемников, дронов и смартфонов требуют от ООПТ интенсивной интеграции с современными ГИС и извлечения максимальной пользы для исследовательских и управленческих нужд.

До 2022 г. в Центральном-Лесном государственном природном биосферном заповеднике (ЦЛГЗ) не было полноформатной ГИС-платформы, а организация данных была разрозненной. Хранение и операции с геоданными осуществлялись, главным образом, посредством программ ArcGIS и MapInfo. В рамках повышения общей эффективности работы учреждения и следования стратегии информационного развития было принято решение о создании актуальной ГИС-платформы с многоуровневой системой управления данными. В связи с этим руководством заповедника было решено перейти на российскую ГИС – NextGIS (<https://nextgis.ru/>) в виде ее продукта «NextGIS Заповедник».

В самом общем виде ГИС-платформа на базе продуктов NextGIS (далее Платформа) состоит из 3 основных компонентов (рис. 1). Ядром Платформы является ее веб-ГИС – NextGIS Web, которая позволяет хранить большие объемы данных в облачном виде или на собственном сервере. Вторым важным компонентом является настольная программа – NextGIS QGIS. Являясь, по сути, расширенным вариантом обычной QGIS, она позволяет проводить управление данными и геоаналитику на своем рабочем месте. С помощью NextGIS QGIS возможно создание разнообразных геоданных, которые очень быстро и легко могут быть размещены в NextGIS Web посредством модуля «NextGIS Connect». Третьим компонентом являются мобильные приложения для полевого сбора геоданных (NextGIS Mobile и NextGIS Collector) и настольная программа для их создания (NextGIS FormBuilder). С помощью них участники осуществляют сбор любых геоданных в поле и загружают их либо сразу в NextGIS Web, либо в NextGIS QGIS. Описанные компоненты составляют основу Платформы. Кроме них существуют также периферийные сервисы и приложения. В качестве четвертого стороннего компонента для углубленного анализа пространственных данных мы используем программу RStudio на базе языка R.



Рис. 1. Общая структура «NextGIS Заповедник» со сторонним дополнением для анализа данных через программу RStudio

Структура веб-ГИС ЦЛГЗ содержит 22 тематических раздела с ресурсами геоданных, соответствующих основным направлениям работ (<https://cfnr.nextgis.com>). Вот лишь некоторые из них:

- ветровалы и завалы: актуальная информация о заваленности лесных дорог и просек, а также результаты дешифрирования ветровалов по сценкам спутника Sentinel [1];
- мониторинг пожаров: специально подключенный сервис, осуществляющий мониторинг пожарной обстановки в режиме реального времени на основе продуктов спутниковой съемки – MODIS и VIIRS (спутники Terra и Suomi NPP);
- ортофотопланы с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА);
- подложки: подключенные геосервисы по протоколам WMS и TMS для основных космических снимков высокого разрешения (продуктов Google, Esri, BingMaps, Yandex и т.п.), а также геосервисов GLAD (доля потерянных лесов, высота леса, проективное покрытие леса и т.п.);
- типы растительного покрова: информация о растительном покрове заповедника на основе дешифрирования сцен спутника Landsat 8 [2];
- фотомониторинг CAMMON: данные о размещении фотоловушек в рамках Программы фотомониторинга на ООПТ (CAMtrap MONitoring);
- экология бурого медведя.

Для каждой группы создана своя веб-карта, отражающая содержание соответствующих работ. Все тематические веб-карты базируются на топографической основе, которая доступна как для настольной и веб-ГИС, так и для мобильных устройств.

NextGIS Web позволяет организовывать сбор, управление и анализ информации на разных уровнях: от полевых исполнителей до директора и его заместителей. Для каждого уровня создана своя учетная запись с различными правами доступа, которые определяют возможности просмотра и редактирования данных. Базовый уровень – это полевой исполнитель, который собирает геоданные по специально разработанным формам с помощью мобильного устройства (смартфона или планшета), а затем просматривает их без права редактирования. Уровень научного сотрудника дает возможности не только собирать и просматривать данные, но и редактировать их, а также проводить их анализ. Уровень начальника отдела или заместителя директора позволяет все вышеперечисленное, а также контролировать работу остальных участников, создавать новые темы/проекты/группы, выдавать задания и следить за их исполнением. Уровень администратора позволяет контролировать все эти процессы и регулировать уровни доступа.

По этой схеме сотрудники заповедника получают многослойную и скоординированную систему сбора, хранения, обмена и анализа геоданных. Это многократно увеличивает эффективность выполнения многих стандартных работ, а также позволяет организовывать работу не только научного отдела, но и отдела охраны. К примеру, с помощью этой системы руководитель сможет создать сеть зимних маршрутных учетов (ЗМУ), распределить их по исполнителям и проинформировать об этом. Исполнитель на смартфон получит всю информацию о том, куда и когда он должен идти, какие данные и по какой схеме собирать. Также могут быть скоординированы выезды групп по оперативно-рейдовой работе. За ходом ее выполнения руководитель следит через веб-ГИС, куда (при наличии Интернет-соединения) поступает вся информация о собранных геоданных, местоположении сотрудников, а также фотографии.

С помощью настольного приложения NextGIS FormBuilder нами созданы более 20 полевых форм сбора геоданных для мобильных устройств. Это формы «Фенология на пробных площадях», «Календарь Природы», «Урожайность», «Общий учет животных», «Учеты барсуков на поселениях», «ЗМУ», «Учеты певчих птиц», «Учеты бурого медведя по следам», «Учеты бобров», «Пищевые ресурсы бурого медведя», «Анализ экскрементов бурого медведя» и др. Преимущество таких форм заключается в максимально полной информации, которая вводится через специально подготовленный протокол, и практически мгновенная передача на настольную или веб-ГИС без необходимости ручного ввода через табличные листы и переписывания полевых дневников. Настраиваемая структура форм позволяет сразу же загружать полученные данные с веб-ГИС через CSV-файл в RStudio для анализа.

Отдельного внимания заслуживают работы по моделированию пространственного распределения видов (Species Distribution Modelling, SDM), которые наиболее эффективно проводить на ООПТ с помощью возможностей продуктов «NextGIS Заповедник» [2]. Это позволяет осуществлять сбор геоданных как для обучения моделей, так и для их независимого тестирования (рис. 2).

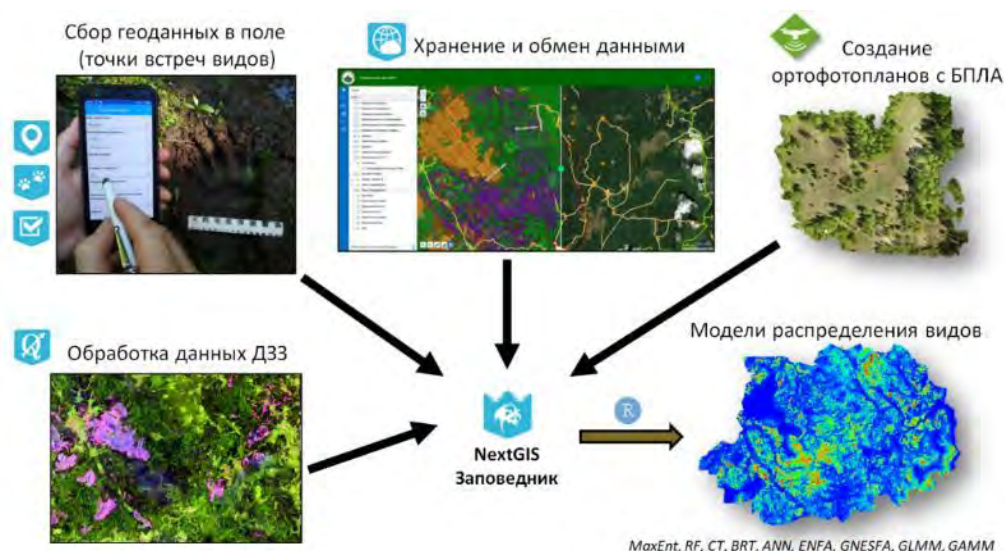


Рис. 2. Структура работ по SDM с помощью «NextGIS Заповедник»

Хранение и общий доступ обеспечиваются средствами NextGIS Web, что особенно полезно при командной работе нескольких специалистов. Вся обработка пространственной информации (подготовка переменных окружающей среды) проводится в NextGIS QGIS, где создается набор растровых данных (вегетационных индексов, морфометрических характеристик рельефа, растров близости, топографических переменных и т.п.). Непосредственное моделирование и анализ осуществляются в программе RStudio.

Библиографические ссылки

1. Огурцов С. С., Горяинова В. А. Оценка последствий ветровалов с помощью космоснимков Sentinel-2b на территории Центрально-Лесного заповедника // Мат. 7-ой Всерос. (с международным участием) конф. «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии». Москва, 22–24 апреля 2019 г. С. 84–86.
2. Огурцов С. С., Желтухин А. С. Заповедники как экологические обсерватории для моделирования пространственного распределения и пригодности местообитаний видов // Мат. Всерос. науч. конф. с межд. уч. «Научные исследования и экологический мониторинг на ООПТ России и сопредельных стран» (15–18 августа 2022 г.). М.: тов-во науч. изд. КМК. С. 88–94.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ В ГИС-ПРАКТИКУМЕ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Е. Л. Поливаная, А. Н. Полюхович

¹⁾ УО «Республиканский центр экологии и краеведения», ул. Макаенка, 8, 220114,
ГУО «Гимназия № 146 г. Минска», пр-т им. газеты «Правда», 48, 220116,
г. Минск, Беларусь, vpolivanay@gmail.com

²⁾ Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
2203030, г. Минск, Беларусь, email: napikm@mail.ru

Рассмотрен пример практических заданий для ГИС-практикума по охране окружающей среды, который реализуется в системе «учебник от ученика». Представлены практические задания по памятникам природы Минского района и г. Минска. На территории Минского района и г. Минска находится 17 памятников природы. Учащимся необходимо картографировать 4 памятника природы, провести пространственный анализ.

Ключевые слова: ГИС-практикум; «учебник от ученика»; охрана окружающей среды.

IMPLEMENTATION OF PRACTICAL TASKS IN A GIS WORKSHOP ON ENVIRONMENTAL PROTECTION

E. L. Polivanaya, A. M. Poliukhovich

¹⁾ Republican Center of Ecology and Local Lore, 8 Makayenka str., 220114,
Gymnasium No. 146 of Minsk, 48 Pravda Newspaper Ave., 220116,
Minsk, Belarus, vpolivanay@gmail.com

²⁾ Belarusian State University, Independence Ave., 4,
2203030, Minsk, Belarus, email: napikm@mail.ru

An example of practical tasks for a GIS workshop on environmental protection, which is implemented in the «textbook from a student» system, is considered. Practical tasks on the nature monuments of the Minsk district and the city of Minsk are presented. There are 17 natural monuments on the territory of the Minsk district and the city of Minsk. Students need to map 4 natural monuments, conduct a spatial analysis.

Keywords: GIS workshop; «textbook from a student»; environmental protection.

Географическое образование приобретает новый характер благодаря наличию информационных технологий, возникновению информационного образовательного пространства и среды, которые создают возможности для каждого обучающегося получать информацию в том объеме, который необходим ему для саморазвития и самосовершенствования. Применение ГИС-технологий в процессе обучения позволяет формировать у уча-

щихся широкий спектр способов деятельности поисковой направленности, связанных с научным видением географических объектов и процессов, их осмыслением, анализом, преобразованием, применением [1, 2].

Для формирования геоэкологической грамотности учащихся с широким использованием ГИС-технологий нами предложен ГИС-практикум по охране окружающей среды», который реализуется в рамках системы «учебник от ученика».

ГИС-практикумы – учебные средства, которые служат непосредственным продолжением учебников и содержат методические разработки по практическим работам для основных модулей. Практикумы имеют целью обеспечить учащихся конкретными компетенциями, включают задания по отдельным темам, указания по порядку их выполнения, таблицы, справочные данные и базы географических данных [2].

Цель работы – разработать практические задания для раздела «Особо охраняемые природные территории» ГИС-практикума по охране окружающей среды. При этом использовались статистический, геoinформационный методы. Практические задания разработана на основании авторской базы данных памятников природы Минского района и г. Минска.

ГИС-практикум разрабатывается на базе облачных ГИС-технологий ArcGIS Online. Краткий теоретический материал, практические задание (базы данных, алгоритм и др.) собраны в шаблоне ArcGIS StoryMaps.

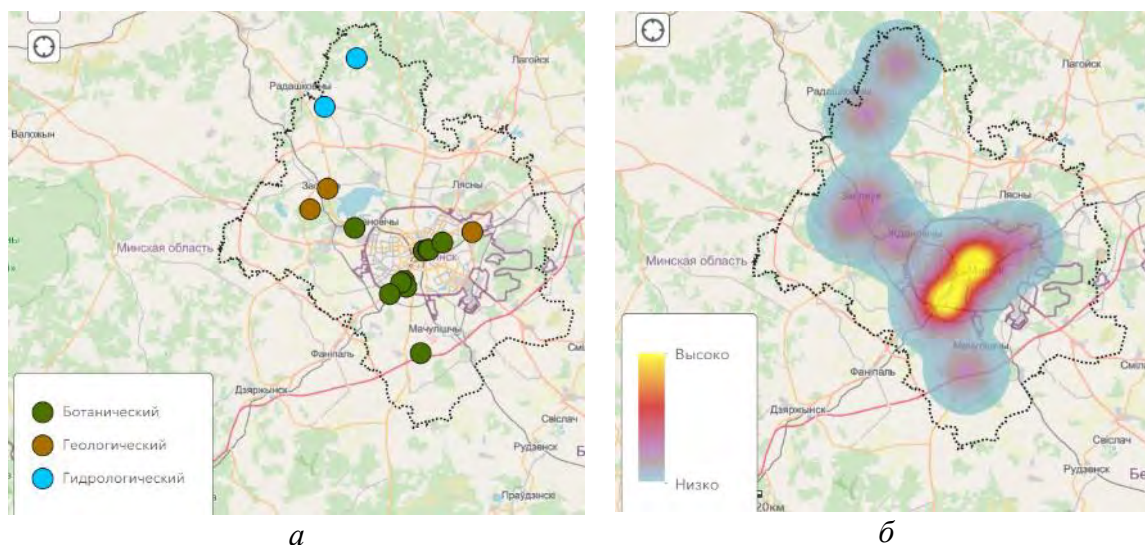
На территории Минского района и г. Минска находится 28 ООПТ, которые имеют площадь 8697,38 га (4,48% от площади Минского района и г. Минска). Памятников природы насчитывается 17. Из них 6 – республиканского значения, 11 – местного [3].

Суть практической работы заключается в картографировании 4 памятников природы (Центральный ботанический сад, Парк камней, Родник «Святые криницы», Дубрава «Щеmysлицкая») в подготовленном shp-файле, заполнении таблицы атрибутов (таблица) и проведении пространственного анализа. Работа выполняется в Map Viewer Classic.

**Фрагмент базы данных «Памятники природы Минского района и г. Минска»
для заполнения таблицы атрибутов при картографировании**

Наименование	Уровень охраны	Вид	Площадь, га
Центральный ботанический сад	республиканского значения	Ботанический	93
Парк камней	республиканского значения	Геологический	7,226
Родник «Святые криницы»	республиканского значения	Гидрологический	31
Дубрава «Щеmysлицкая»	республиканского значения	Ботанический	24,6

Пространственный анализ памятников природы предлагается провести по уровню охраны, по виду, по площади, а также выявить территориальную концентрацию (рисунок).



Примеры пространственного анализа памятников природы
Минского района и г. Минска:

а – памятники природы по видам; *б* – концентрация памятников природы

Таким образом, при освоении ГИС-практикума по охране окружающей среды в системе «учебник от ученика» учащиеся познакомятся с геоэкологическими особенностями окружающей среды г. Минска и Минской области и повысят свои информационные компетенции путем работы с ГИС.

Библиографические ссылки

1. Орехова А. В. Формирование геоинформационной компетентности учащихся в процессе изучения географии на основе применения ГИС-технологий // Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева. 2014. № 1 (81). С. 150–157.
2. Концепция университетского инновационного географо-картографического образования / А. М. Берлянт [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2009. № 2. С. 6–12.
3. Особо охраняемые природные территории Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. URL: http://www.minpriroda.gov.by/ru/osob_ohran-ru/ (дата обращения: 03.10.2023).

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАМСАРСКИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

А. Н. Полюхович

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
2203030, г. Минск, Беларусь, email: napikm@mail.ru*

Составлен список перспективных Рамсарских территорий, создана геоинформационная модель. Для получения статуса водно-болотных угодий международного значения выбрано 18 территорий, которые соответствуют критериями выделения водно-болотных угодий и Рамсарской классификацией водно-болотных угодий: 3 территории заповедников и национальных парков, 6 заказников республиканского значения, 3 заказника местного значения и 6 иных территорий.

Ключевые слова: водно-болотные угодья; перспективные; Рамсарские территории.

PROMISING RAMSAR TERRITORIES OF BELARUS

A. M. Poliukhovich

*Belarusian State University, Independence Ave., 4,
2203030, Minsk, Belarus, email: napikm@mail.ru*

A list of promising Ramsar territories has been compiled, a geoinformation model has been created. To obtain the status of wetlands of international importance, 18 territories were selected that meet the criteria for the allocation of wetlands and the Ramsar classification of wetlands: 3 territories of nature reserves and national parks, 6 reserves of republican significance, 3 reserves of local significance and 6 other territories.

Keywords: wetlands; prospective; Ramsar territories.

Возможные последствия деградации и потерь водно-болотных угодий требуют новых подходов к формированию схем управления и использования их потенциала [1].

Цель работы – пространственный анализ перспективных водно-болотных угодий для включения в список Рамсарских территорий. При этом использовались сравнительно-географический, геоинформационный методы. Материалами послужили фондовые данные института экспериментальной ботаники НАН Беларуси [2].

Рамсарские угодья занимают на территории Беларуси 777894,83 га (3,7 % от территории страны). Больше всего водно-болотных угодий международного значения сконцентрировано в Брестской, Витебской и Гомельской областях: 9,5 %, 4,8 %, 4,4 % от территории области соответственно.

Автором составлена база данных перспективных водно-болотных угодий (таблица), создана геоинформационная модель. Предлагаемые территории рассмотрены в соответствии с критериями выделения водно-болотных угодий и с Рамсарской классификацией водно-болотных угодий.

Перспективные Рамсарские территории

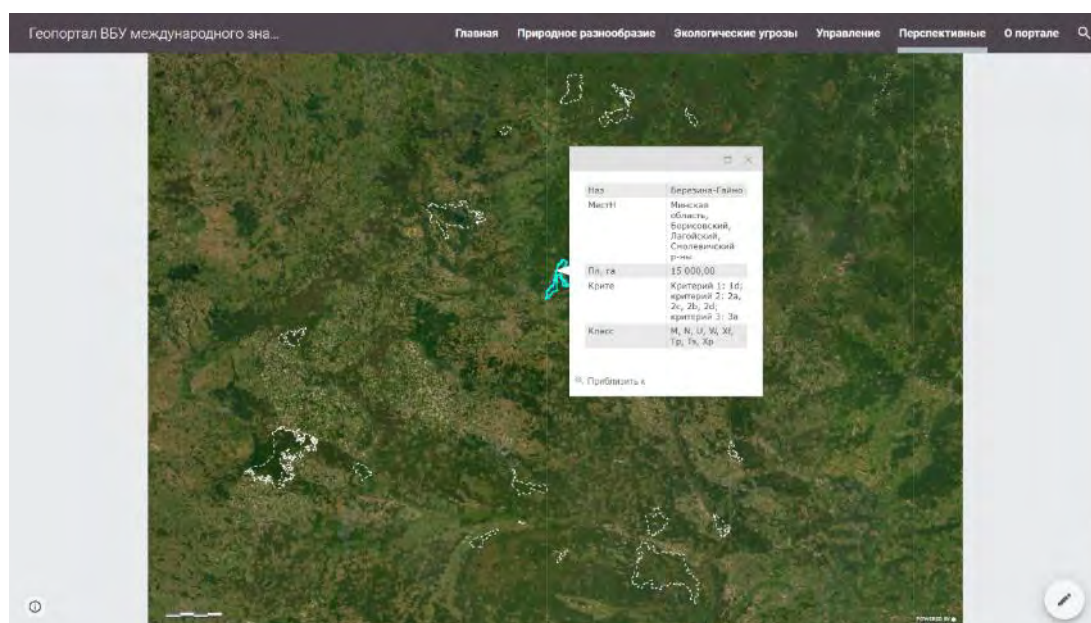
№ п/п	Наименование ООПТ	Местонахождение	Площадь, га
1	Полесский радиационно-экологический заповедник	Гомельская область, Хойникский, Брагинский, Наровлянский р-ны	52350
2	Национальный парк «Нарочанский»	Минская область, Мядельский р-н	97300
3	Национальный парк «Беловежская пуща»	Брестская область, Каменецкий, Пружанский р-ны. Гомельская область, Свислочский р-н	152962
4	Красный Бор	Витебская область, Россонский р-н	34234
5	Озёры	Гродненская область Щучинский р-н	23871
6	Синьша	Витебская область, Россонский р-н	13398
7	Пойма р. Сож	Гомельская область, Ветковский, Черчерский р-ны	13400
8	Болото Мох	Витебская область, Миорский р-н	4602
9	Днепро-Сожский	Гомельская область, Лоевский р-н	14556
10	Верховье реки Ловать	Витебская область, Городокский р-н	6600
11	Туровский луг	Гомельская область, Житковичский р-н	500
12	Хованщина	Брестская область, Ивацевичский, Березовский р-ны	26500
13	Лебединый Мох	Витебская область, Полоцкий и Россонский р-ны	15000
14	Червоное	Гомельская область, Житковичский р-н	39900
15	Василевичи	Гомельская область, Речицкий, Хойникский р-ны	34 000
16	Березина-Гайно	Минская область, Борисовский, Логойский, Смолевичский р-ны	15 000
17	Лельчицкие болота	Гомельская область, Лельчицкий р-н	3517
18	Пойма р. Льва	Брестская область, Столинский р-н	17717

Предложено 18 территорий для получения статуса водно-болотных угодий международного значения. Среди них 3 территории относятся к заповедникам и национальным паркам, 6 – к заказникам республиканского значения, 3 – к заказникам местного значения и 6 иных территорий.

Перспективные Рамсарские территории занимают 516406,9 га. Больше всего их расположено в Брестской, Гомельской и Минской областях (26,4 %, 24,1 %, 18,8 % от всех предлагаемых территорий соответственно).

После включения рассматриваемых территорий в список водно-болотных угодий международного значения их площадь в стране составит 1294301,73 га или 6,2 %. Наибольшую площадь они будут занимать в Брестской, Гомельской и Витебской областях: 13,7 %, 7,4 %, 6,7 % соответственно.

Доступ к геинформационной модели перспективных Рамсарских территорий можно получить через геоportal «Водно-болотные угодья международного значения Республики Беларусь»: <https://sites.google.com/view/wetland-belarus> (рисунок).



Геоинформационная модель перспективных Рамсарских территорий

Таким образом, включение 18 предложенных территорий в Рамсарский список позволит расширить систему охраны водно-болотных угодий, которая займет 1294301,73 га или 6,2 %.

Библиографические ссылки

1. Рубель О. Е. Перспективные направления развития экономико-экологических стратегий использования водно-болотных угодий в трансграничном контексте // Academician Leo Berg – 130: Collection of Scientific Art. Bender: Eco-TIRAS, 2006. С. 231–236.
2. Разработка предложений о включении ООПТ в списки природных территорий международного значения: отчет о НИР (заключ.) / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси; рук. А. В. Пучило. Минск, 2011. 171 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ГИС-АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ФАКТОРОВ ОЧИСТКИ СКЛОНОВОГО СТОКА В ВОДООХРАННЫХ ЗОНАХ РЕК ОШМЯНСКОГО РАЙОНА ПОСЛЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОГО КОДЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ 2014 г.

А. М. Пухальская, А. Л. Киндеев

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
2203030, г. Минск, Беларусь*

В ходе работы был рассмотрен вопрос влияния проектов водоохранных зон на очистку стока. Для этого были построены карты уклона местности по видам земель для водоохранной зоны и прибрежной полосы 2018, 2022 гг. Результат показал зависимость загрязнения стока от уклона местности и вида земель на прилегающих к водному объекту территориях.

Ключевые слова: водные объекты; водоохранная зона; прибрежная полоса; эффект очистки склонового стока.

COMPARATIVE GIS ANALYSIS OF CHANGES IN SLOPE RUNOFF PURIFICATION FACTORS IN WATER PROTECTION ZONES OF RIVERS IN THE OSHMYANY DISTRICT AFTER CHANGES TO THE WATER CODE OF THE REPUBLIC OF BELARUS 2014

A. M. Pukhalskaya, A. L. Kindeyev

Belarusian State University, Independence Ave., 4, 2203030, Minsk, Belarus

During the work, the issue of the impact of water protection zone projects on wastewater treatment was considered. For this purpose, terrain slope maps were constructed by type of land for the water protection zone and coastal strip for 2018, 2022. The result showed the dependence of runoff pollution on the slope of the area and the type of land in the areas adjacent to the water body.

Keywords: water bodies; water protection zone; coastal strip; slope runoff purification effect.

Водоохранные зоны – это специально выделенные территории вдоль берегов водоемов и водотоков, на которых действует особый режим хозяйственной деятельности с целью охраны вод от загрязнения, заиления и засорения. Особо важное защитное значение они имеют в пределах сельскохозяйственных угодий. На территориях водоохранных зон запрещено строительство и функционирование всевозможных потенциальных источ-

ников загрязнения, не соответствующих санитарным нормам, установленных нормативно-правовыми актами Республики Беларусь: ферм, складов удобрений и ядохимикатов, мастерских, заправочных станции и других производственных сооружений [3].

Часть территории водоохранной зоны, непосредственно примыкающей к водному объекту, на которой устанавливается более строгий режим хозяйственной и иной деятельности по отношению к режиму хозяйственной и иной деятельности, установленному на территории всей водоохранной зоны, называется прибрежная полоса. [1]

Водоохранные зоны выполняют следующие функции:

1. Ускорение инфильтрации поверхностного стока в почву водоохранной полосы;
2. Фильтрация и сорбция почвой и растительным покровом биогенных элементов и взвешенных частиц, содержащихся в поверхностном стоке;
3. Кроны деревьев, расположенные в водоохранной зоне, задерживают возможные загрязнители (например, химикаты при авиахимической обработке полей);
4. Укрепление берегов, препятствуя водной и ветровой эрозии.

Одним из важнейших показателей влияния водоохранных зон на сток является очистка. Показатель очистки зависит от таких показателей, как уклон местности, экспозиция склонов, хозяйственное использование земель, включенных в водоохранные зоны, гранулометрический состав почвенного покрова, концентрация элементов в стоке, характера растительного покрова, климатических условий и других.

В 2014 г. произвелись изменения в водном кодексе Республики Беларусь, что повлияло на геоэкологические функции водоохранных зон. Минимальная ширина водоохранной зоны для водоемов и малых рек составляет 500 метров, для больших и средних – 600 метров. Минимальная ширина прибрежной полосы для водоемов и малых рек – 50 метров, для больших и средних – 100 м. Водоохранные зоны не устанавливаются для рек и речьев (их частей), заключенных в закрытый коллектор, каналов мелиоративных систем, временных водотоков, образованных стеканием талых или дождевых вод, технологических водных объектов, прудов-копаней [1].

В связи с проведенными изменениями становится актуальной цель по проведению сравнительный ГИС-анализ изменения факторов очистки склонового стока в водоохранных зонах рек Ошмянского района после корректировки водоохранных зон и прибрежных полос с учетом изменения водного кодекса 2014 гг. Республики Беларусь.

Для получения ГИС-материала были использованы данные Геопортала ЗИС (расширенный доступ к ЗИС предоставлен НИЛ «Экологии

Ландшафтов» в рамках выполнения проектов по разработке и корректировке ВЗиПП [2]). Обработка производилась в программном продукте ArcGIS Pro. Для составления карт по эффекту очистки склонового стока был рассмотрен Ошмянский район.

Первоначальным этапом на пути к созданию карты, отражающей эффект очистки стока, является подготовка исходных файлов. Для этого был добавлен слой водных объектов и с помощью инструмента «Вырезать» извлечен для конкретной территории – Вилейский гидрологический бассейн. Далее каждый водный объект проходил несколько этапов на пути к обработке материала: исключение из слоя в том случае, если объект не может иметь проект водоохранной зоны по водному кодексу Республики Беларусь, изменения объекта при несоответствующей действительности форме, удаление дублированных объектов, а также соединение частей одного объекта (русло реки, водохранилище). Таким образом были отредактированы все водные объекты на территории Вилейского гидрологического района.

Следующим этапом было сравнение проектов водоохранных зон и прибрежных полос 2018 и 2022 гг. При рассмотрении каждого объекта по отдельности, можно заметить некоторые количественные изменения в проектах (корректировка формы границы). Наиболее ярко заметны изменения в Мядельском административном районе на территории вблизи озера Нарочь.

Основными факторами, влияющие на эффект очистки склона являются уклон местности и виды земель. С помощью применения инструмента «Уклон» на исходном слое рельефа района был создан новый растровый слой уклона местности. После растровый слой был извлечен по маске для каждого рассматриваемого варианта (водоохранные зоны 2018, 2022 гг. и прибрежные полосы 2018, 2022 гг.). Аналогичные операции были проведены с исходным файлом видов земель по территории Ошмянского района. Следующим шагом все растровые объекты были переведены в векторные с помощью инструмента «Растр в полигоны». Полученные карты являются основой для создания карт уклона местности по видам земель. Используя соединение слоев и расчет через таблицу атрибутов по калькулятору полей были получены новые значения, отражающие показатель уклона на каждом полигоне вида земель.

Полученные карты (рисунки 1–4) являются промежуточным вариантом расчета эффекта очистки склонового стока по территории. С помощью соотношения показателя уклона и видов земель по таблице «Эффект очистки склонового стока в водоохранных полосах» из издания «Формирование агроландшафтов и охрана природной среды» В. М. Яцухно [3] можно вычислить коэффициент эффекта очистки склонового стока для каждого участка или водного объекта в целом.



Рис. 1. Уклон местности по видам земель на территории водоохранных зон Ошмянского района 2018 г.

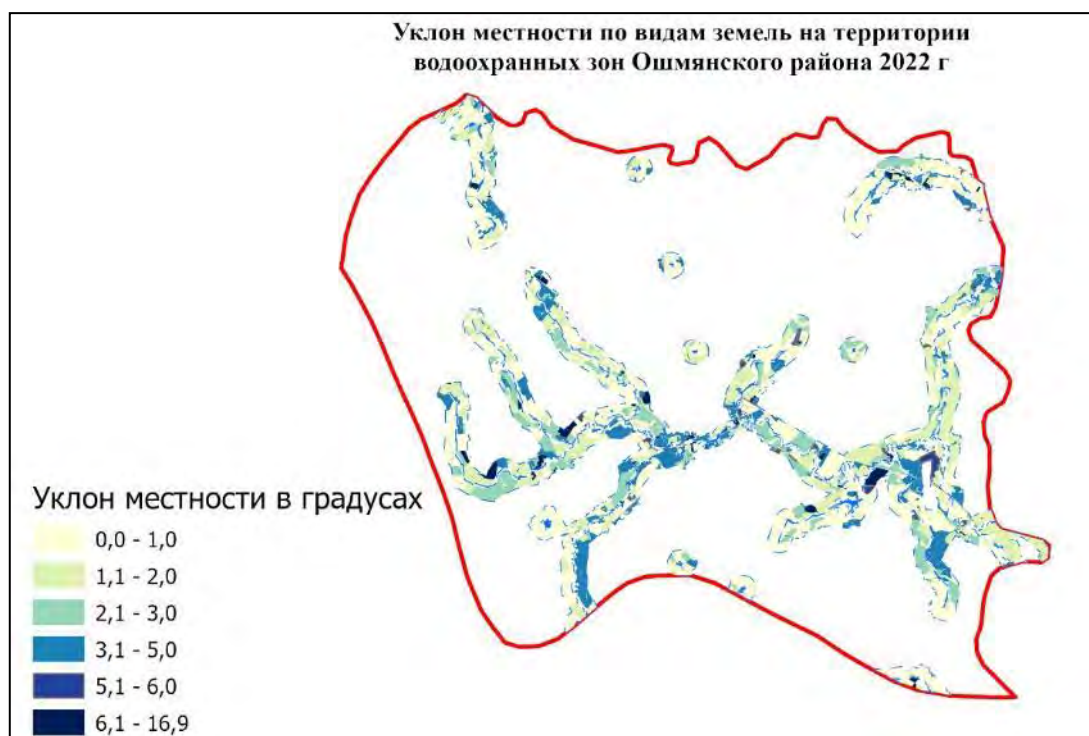


Рис. 2. Уклон местности по видам земель на территории водоохранных зон Ошмянского района 2022 г.

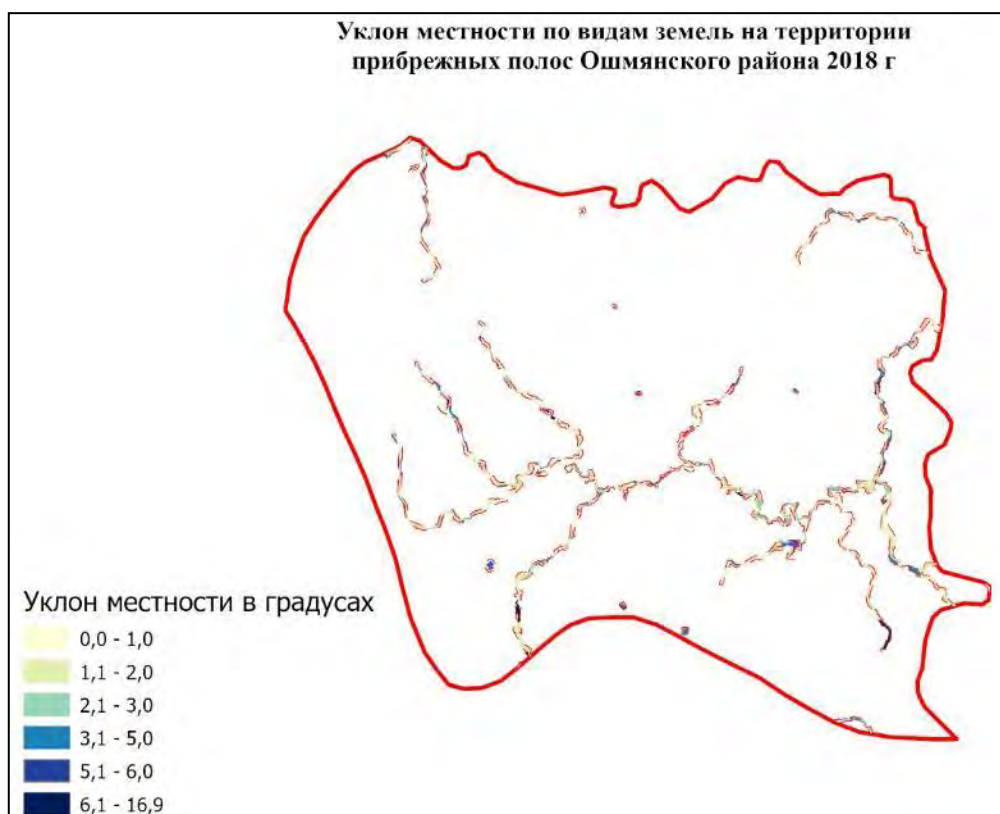


Рис. 3. Уклон местности по видам земель на территории прибрежных полос Ошмянского района 2018 г.

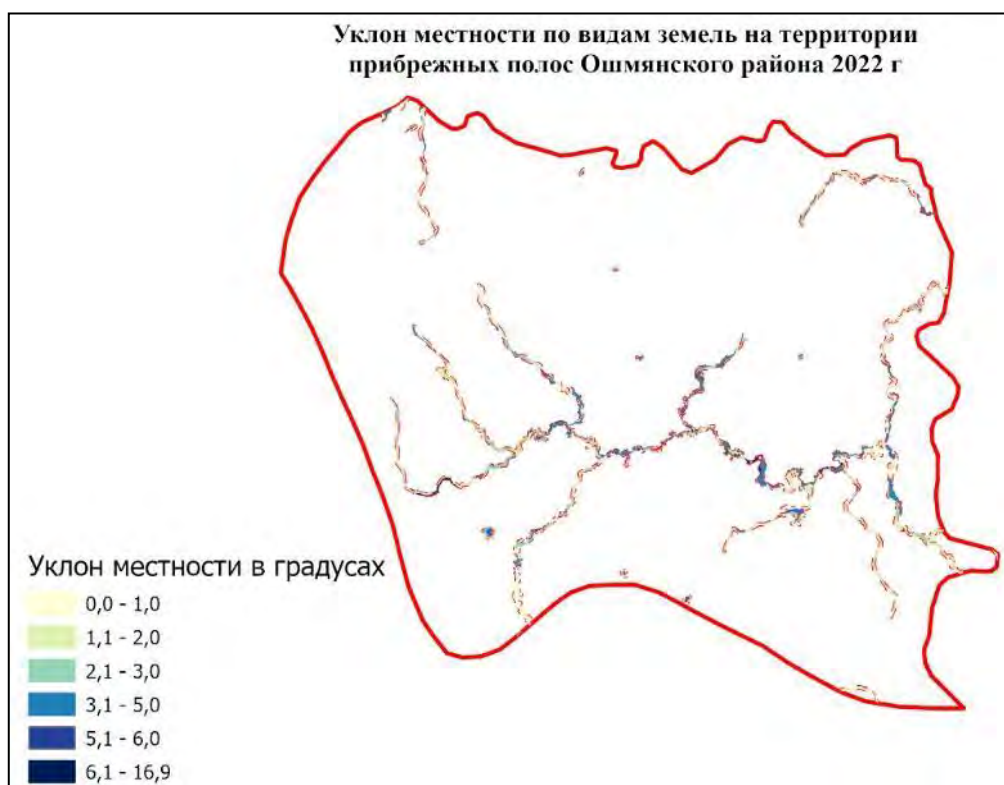


Рис. 4. Уклон местности по видам земель на территории прибрежных полос Ошмянского района 2022 г.

В результате подробного изучения карт были выявлены количественные (территориальные) изменения в проектах водоохранных зон, что повлекло за собой изменения коэффициента очистки стока.

Библиографические ссылки

1. Водный Кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://kodeksy-bel.com/> (дата обращения: 14.11.2023).

2. Разработка и (или) корректировка проектов водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов Ошмянского района Гродненской области с учетом требований Водного кодекса Республики Беларусь : отчет о научно-исследовательской работе (заключительный) / БГУ ; научный руководитель С. И. Кузьмин. 2020.

3. *Яцухно В. М., Мандер Ю. Э.* Формирование агроландшафтов и охрана природной среды. Минск, 1995. 122 с.

О НЕКОТОРЫХ ПРЕИМУЩЕСТВАХ ОБРАБОТКИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ООПТ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

О. В. Рыжков

*Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник
имени профессора В. В. Алехина, пос. Заповедный, Курский район, Курская область,
Россия, 305528, email: ryzhkov@zapoved-kursk.ru*

Приводится сравнительный анализ отдельных функциональных возможностей зарубежных и отечественных геоинформационных систем (ГИС) для использования на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) на примере MapInfo Professional и ГИС Аксиома. Дается обзор некоторых преимуществ российской ГИС.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории; геоинформационные системы.

ABOUT SOME ADVANTAGES OF PROCESSING GEOSPATIAL DATA OF SPNATS IN DOMESTIC GEOINFORMATION SYSTEMS

O. V. Ryzhkov

*Central Black Earth State Natural Biosphere Reserve named after Professor V. V. Alekhin,
village Zapovedny, Kursk district, Kursk region, Russia, 305528,
email: ryzhkov@zapoved-kursk.ru*

A comparative analysis of individual functionality of foreign and domestic geographic information systems (GIS) for use in specially protected natural areas (SPNA) is provided using the example of MapInfo Professional and GIS Axioma. An overview of some of the advantages of Russian GIS is given.

Keywords: specially protected natural areas; geographic information systems.

Как известно, одной из наиболее распространенных зарубежных геоинформационных систем (ГИС) в России является MapInfo Professional, права на которую принадлежат американской объединённой компании Precisely. Учитывая геополитические риски и возможность ухода с российского рынка иностранных производителей программного обеспечения (ПО) ГИС (в настоящее время продажи MapInfo Pro в России приостановлены), стали активно развиваться отечественные программы для обработки и анализа геопространственных данных. Одним из таких ПО является ГИС Аксиома – полностью российская разработка, зарегистрированная в Едином реестре российских программ для электронных вычисли-

тельных машин и баз данных №2174 (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016614626). Все права на ГИС Аксиому принадлежат российской компании без иностранного участия ООО «ЭСТИ», созданной в 2006 г. Программа бесплатна для образовательных и научных учреждений, а также для личного использования.

Интерфейс и функционал ГИС Аксиомы максимально приближен к Mapinfo Pro несмотря на то, что обе они разработаны на разных программных кодах. Миграция с Mapinfo Pro в ГИС Аксиому не вызывает затруднений. Важно, что «родными» форматами для обеих программ являются ТАВ-файлы. Полностью совместимы рабочие наборы (.MWS), стили оформления объектов, проекции, простые SQL-запросы и пр. Компанией «ЭСТИ» разработана специальная справочная документация о взаимодействии ГИС Аксиомы с Mapinfo Pro (Аксиома ГИС..., 2017), в которой подробно рассмотрены вопросы совместимости данных продуктов.

MapInfo Professional, по сравнению с ГИС Аксиомой, прошла длительный путь развития (первый релиз – в 1986 г., с 1995 г. стала называться профессиональной), обзавелась многими модулями расширения, написанными на языке программирования MapBasic и поэтому, конечно же, имеет более расширенный функционал. В Центрально-Черноземном заповеднике базовой ГИС, начиная с 2000 г., является MapInfo Professional. За годы ее использования накоплен определенный опыт работы и подготовлена серия публикаций по различным аспектам применения данной ГИС на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) (Рыжков, 2010, 2014а,б; Рыжков и др., 2013; Рыжков Олег, 2019), а также издано несколько практических руководств по этой тематике (Рыжков, 2007, 2009; Солнцев и др., 2006).

Недавнее появление расширенной версии MapInfo Pro Advanced позволяет полноценно работать с растровыми изображениями, включая данные дистанционного зондирования Земли, поддержка которых отсутствует в отечественном аналоге. Однако, на наш взгляд, ГИС Аксиома обладает необходимым базовым функционалом ГИС и пригодна для использования многими специалистами, к тому же она оснащена некоторыми полезными инструментами для обработки полевых данных на ООПТ, которых нет в MapInfo Pro. Рассмотрим некоторые из них.

*Прямой импорт данных обменного формата Garmin *.GPX (GPS Exchange Format)*, в котором хранятся точки и треки, записанные при помощи персональных спутниковых навигаторов. Не понятно, почему до сих пор нет этой широко востребованной функции в MapInfo? Для конвертирования файлов *.GPX в *.ТАВ приходилось использовать стороннее ПО, как платное, например, Global Mapper, так и бесплатное, в частности QGIS. Конечно, это не критично, но доставляет неудобства. В версии ГИС

Аксиомы 4.4 появилась такая возможность. При открытии GPX-файла на первом шаге нужно указать кодировку текста. В следующем диалоговом окне выбирается тип загружаемых данных из файла *.GPX. Допускается загрузка точек, треков, маршрутов, а также узлов треков или узлов маршрутов (рис. 1).



Рис. 1. Форма выбора типа данных файла *.GPX для импорта в ГИС Аксиому

Возможность загрузки узлов без лишних манипуляций представляется очень полезной. При этом в ГИС Аксиому передается такая атрибутивная информация узлов, как номер, дата и время записи, высота над уровнем моря и другая информация, которую способен сохранять навигатор в момент записи (рис. 2).

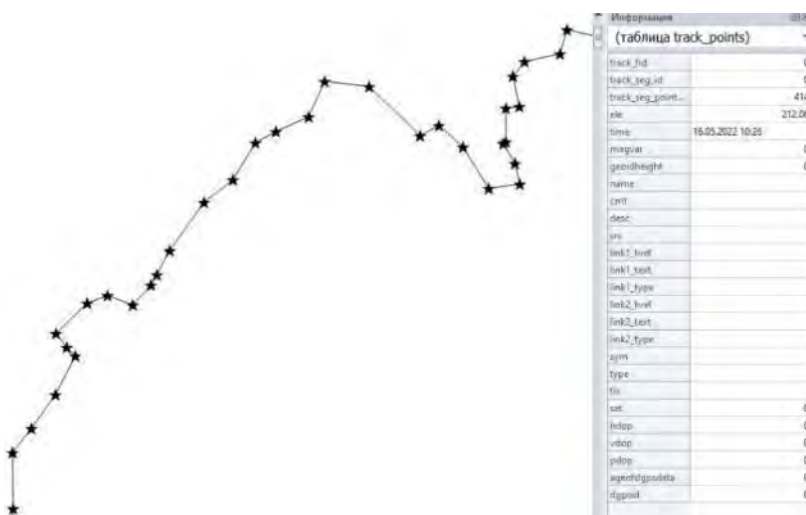


Рис. 2. Фрагмент трека и его узлов, последовательно загруженных из одного GPX-файла (из материалов картирования в 2022 г. популяции миндаля низкого на Стрелецком участке Центрально-Черноземного заповедника прибором Garmin Monterra)

В ГИС Аксиома встроен модуль быстрой записи координат узлов в отдельную таблицу в формате *.ТАВ, что также представляет практический интерес (рис. 3). Точность записи координат регулируется в настройках программы.

id_feature	id_geometry	id_point	v1	v2
1	0	0	36.1586828716099	51.5807282365859
2	0	0	36.1586822848767	51.5807235427201
3	0	0	36.1586781777442	51.5807221177965
4	0	0	36.1586769204587	51.5807210281491
5	0	0	36.1586764175445	51.5807190164924
6	0	0	36.1586762499064	51.5807183459401

Рис. 3. Фрагмент записи координат узлов трека в отдельную таблицу

В природоохранной практике актуальной задачей является постановка на кадастровый учет границ той или иной ООПТ путем составления каталога координат поворотных точек в одной из местных систем координат. Помимо визуализации узлов полигонов или полилиний, что присутствует и в MapInfo, и в ГИС Аксиома, в последней имеется возможность *извлечения координат узлов из геометрии пространственных объектов неточечного типа*. На рисунке 4 показана 3-км охранный зона Стрелецкого участка Центрально-Черноземного заповедника в виде сложного полигона с внутренней вырезкой площади ООПТ. Требуется построить 2 каталога координат поворотных точек в системе координат МСК46 Зона1. Так как описание данной системы изначально отсутствует в ГИС Аксиома, нужно отредактировать текстовый файл projections_ru.prj, добавив в него строки:

"--- МСК-46 Курская область---

"МСК-46 зона 1", 8, 1001, 7, 35.483333333333, 0, 1, 1250000, -5312900.566

"МСК-46 зона 2", 8, 1001, 7, 38.483333333333, 0, 1, 2250000, -5312900.566

После этого указанная система координат будет доступна в выборе проекций (рис. 4).

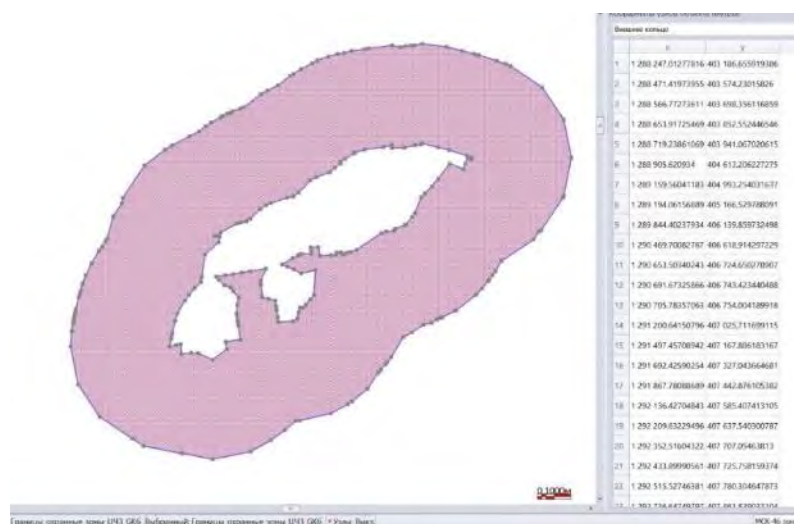


Рис. 4. Дополнительный модуль Координаты узлов объекта ГИС Аксиома

При этом имеется возможность выбора отображения координат по внешнему кольцу, что соответствует координатам границ охранной зоны или внутреннему, что соответствует координатам границ собственно заповедного участка. Координаты узлов автоматически пересчитываются при изменении картографической проекции в нижнем правом углу интерфейса программы. Сохранение каталога координат в выбранной системе производится правым щелчком мыши в окне *Координаты узлов объекта* с последующим выбором *Скопировать все данные* и вставкой на лист Excel (рис. 5).

WGS 84	x	y		МСК46-1	x	y
1	36.033368	51.5730064		1	1 288 247.01277816	403 186.655919386
2	36.036647	51.5764746		2	1 288 471.41973955	403 574.23015826
3	36.038036	51.5775837		3	1 288 566.77273611	403 698.356116859
4	36.0393099	51.5789636		4	1 288 653.91725469	403 852.552446546
5	36.0402619	51.5797546		5	1 288 719.23861069	403 941.067020615
6	36.0430247	51.5857828		6	1 288 905.620934	404 613.206227275
7	36.0467306	51.5891809		7	1 289 159.56041183	404 993.254031637
8	36.0472477	51.5907359		8	1 289 194.06156889	405 166.529788091

Рис. 5. Фрагменты каталога координат поворотных точек границы ООПТ в разных системах координат

Извлечение координат из цифровых фото с геотегами и визуализация фотографий в среде ГИС. Инструмент *Геолинк* присутствует и в Mapinfo Pro, но для его использования требуется ручное заполнение в поле таблицы ссылки для нахождения фото, что связано со значительными трудозатратами при большом количестве изображений. В ГИС Аксиома имеется специальный инструмент под названием *Точки по файлам* (рис. 6), который автоматически создает таблицу с координатами мест съемок, ссылками на фото и их датами, что очень удобно (рис. 7). Единственный недостаток, на наш взгляд, это отсутствие времени съемки, что бывает важно, например, при энтомологических исследованиях на ООПТ.

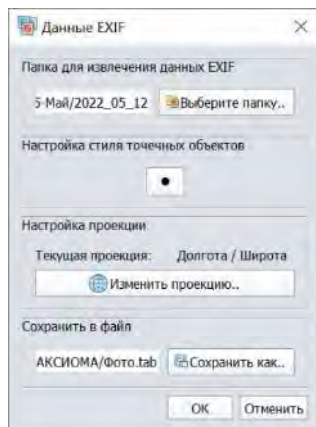


Рис. 6. Модуль извлечения информации из данных EXIF цифровых фото

Для визуализации фото необходимо в свойствах слоя выбрать поле со ссылками на них (рис. 8).

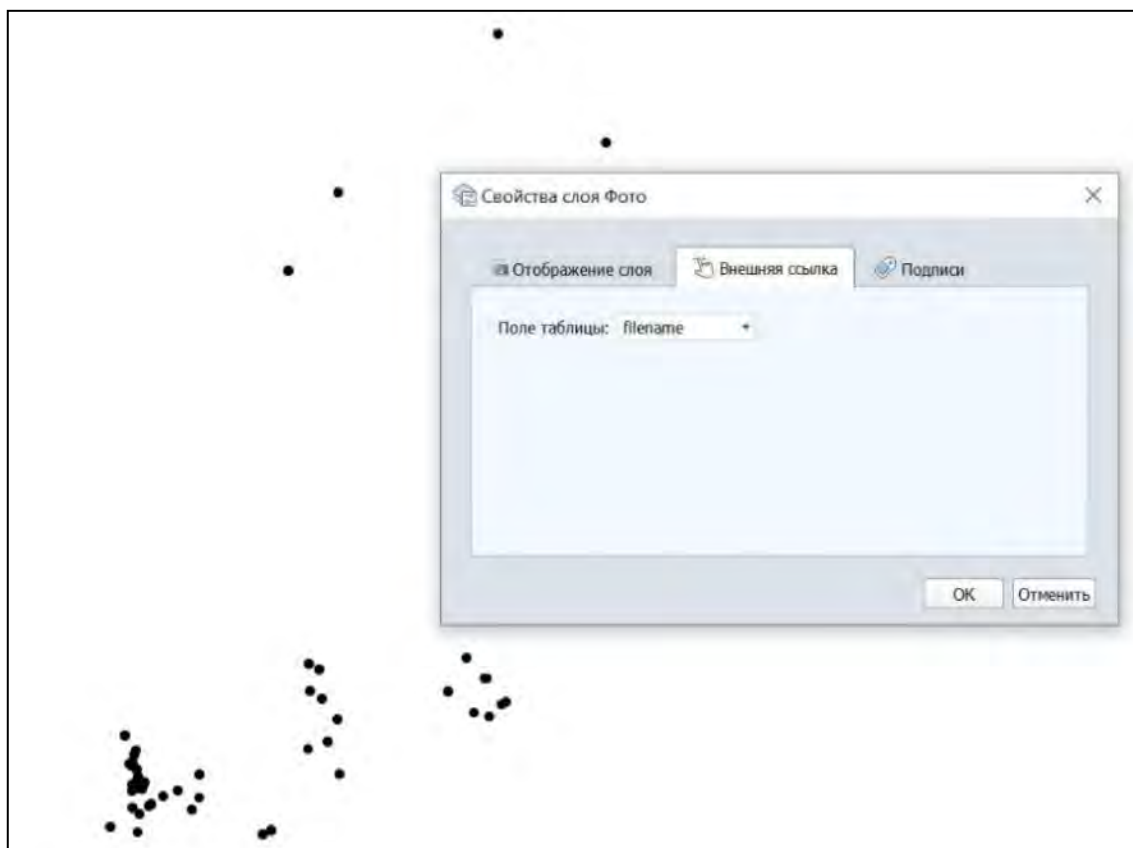


Рис. 7. Автоматическое создание таблицы для визуализации цифровых фото в ГИС Аксиома

filename	ownerName	userComment	date
file:///D:/Temp/2022_06_07/IMG_7966.JPG			07.06.2022
file:///D:/Temp/2022_06_07/IMG_7967.JPG			07.06.2022
file:///D:/Temp/2022_06_07/IMG_7969.JPG			07.06.2022
file:///D:/Temp/2022_06_07/IMG_7970.JPG			07.06.2022
file:///D:/Temp/2022_06_07/IMG_7972.JPG			07.06.2022
file:///D:/Temp/2022_06_07/IMG_7973.JPG			07.06.2022

Рис. 8. Выбор поля таблицы со ссылками нахождения цифровых фото для их просмотра

Затем на вкладке *Карты* активировать инструмент *Внешние ссылки* и наведением на точку съемки выбрать нужное фото для отображения (рис. 9).

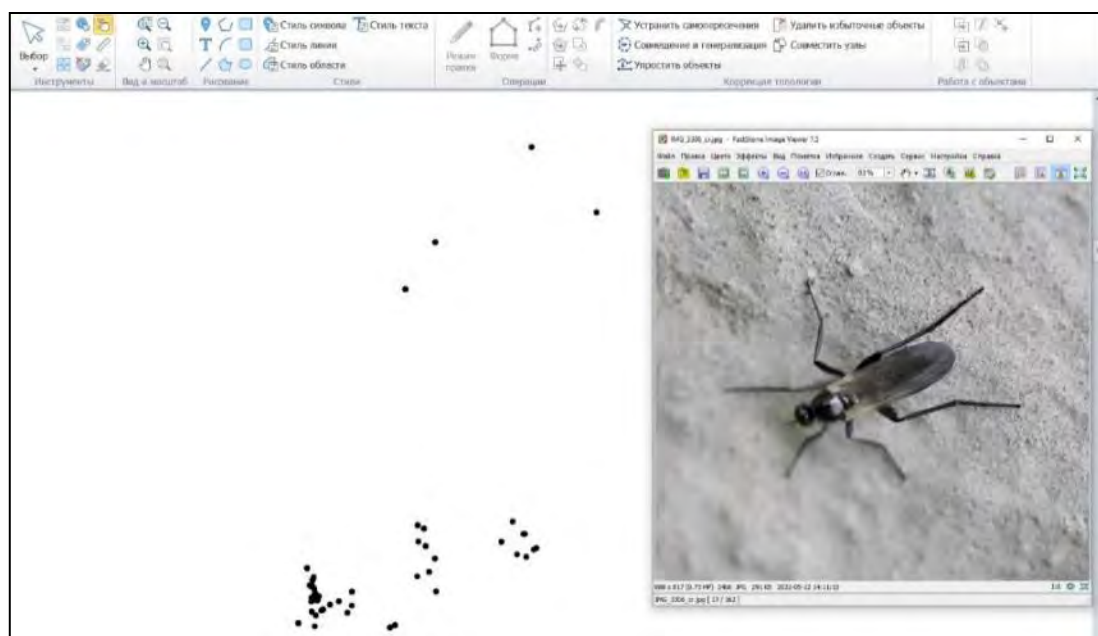


Рис. 9. Визуализация фото в среде ГИС Аксиома

ГИС Аксиома располагает *расширенным набором растровых карт*, которые можно подгружать в качестве подложек для векторных данных через специальный дополнительный модуль (рис. 10). В MapInfo эта функциональность доступна через программу DVC (запуск виртуального сервера и открытие определенного порта), но перечень слоев для загрузки значительно меньше. В ГИС Аксиома, в отличие от MapInfo, при открытии очень больших растров (не с тайловых серверов), размер которых превышает 500 MB, используется метод «файловых пирамид», что позволяет значительно ускорить их отрисовку на экране монитора.

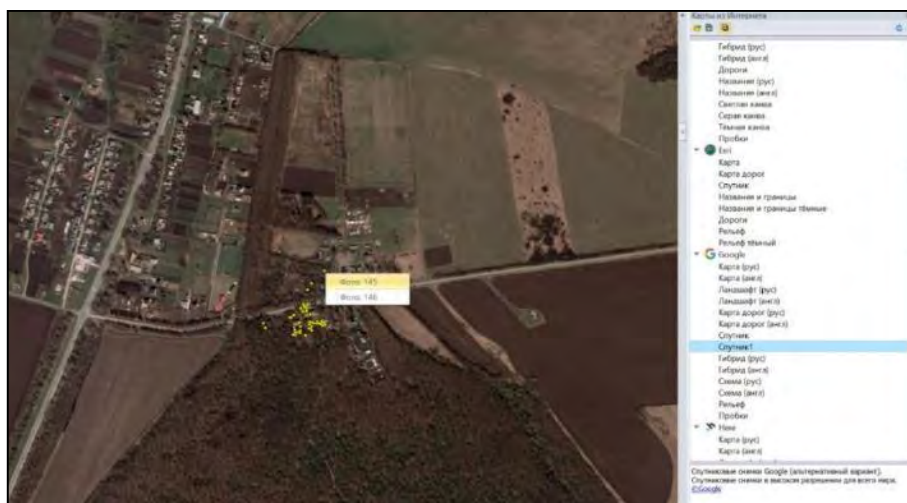


Рис. 10. Использование растровых подложек из дополнительного модуля *Карты из Интернета* ГИС Аксиома для визуализации точек макросъемки беспозвоночных животных на территории Стрелецкого участка Центрально-Черноземного заповедника

Среди других преимуществ ГИС Аксиома следует отметить *Инструмент регистрации и трансформации растровых изображений*, который имеет расширенные возможности, по сравнению с MapInfo Professional. В MapInfo неудачно реализованы режимы масштабирования и сдвига растров (рис. 11а), в то время как в ГИС Аксиома они стандартные. Кроме того, Аксиома позволяет привязывать к местности растровые изображения не только путем аффинных преобразований, как в MapInfo, но и используя более точные алгоритмы трансформации – полиномы 2 и 3-го порядков, а также сплайны (рис. 11б).

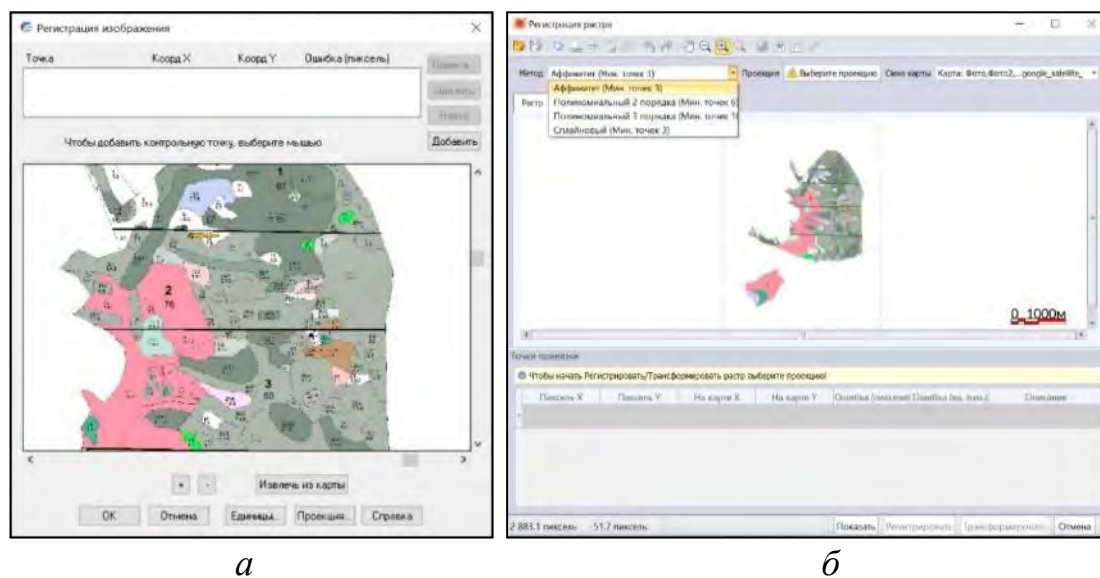


Рис. 11. Модули регистрации растров:
а – в MapInfo Professional; б – в ГИС Аксиома

К числу критических недостатков отечественной ГИС можно также отнести невозможность регистрации векторных изображений, что в MapInfo Pro реализовано при помощи модуля MiTransformer, а также отсутствия инструментов для сглаживания полигональных и линейных объектов (обзор данного функционала в MapInfo Pro см. Рыжков, 2014а,б), что важно для подготовки качественного картографического материала. Тем не менее, отечественные геоинформационные системы, в частности ГИС Аксиома, продолжают активно развиваться и обогащаться новым функционалом, в большинстве случаев достаточным для сбора и обработки геопространственных данных при проведении картографических работ на ООПТ, а по ряду возможностей превосходят зарубежные ГИС.

Исследования выполнены в рамках государственного задания ФГБУ «Центрально-Черноземный государственный заповедник», код (шифр) научной темы 1-22-89-1.

Библиографические ссылки

1. Аксиома ГИС. Взаимодействие с MapInfo Pro. ООО «ЭСТИ», 2017 [Электронный ресурс]. URL: https://axioma-gis.ru/files/DataFiles/pdf/Vzaimodeistvie_s_MapInfoPro.pdf (дата обращения: 05.05.2023).
2. Рыжков О. В. Методическое пособие к семинару «Геоинформационные системы и особо охраняемые природные территории» (16–21 апреля 2007 г., г. Елизово). Тула: Гриф и К, 2007. 240 с.
3. Рыжков О. В. Курс практических упражнений к семинару "Геоинформационные системы на особо охраняемых природных территориях на примере национального парка "Куршская коса" (9–15 ноября 2009 г., пос. Рыбачий) / Калининградский региональный фонд сохранения и развития национального парка «Куршская коса», Проект «Школа сотрудничества», О. В. Рыжков. Рыбачий, 2009.
4. Рыжков О. В. Использование новых средств интеграции GPS и ГИС в среде Mapinfo Professional 10.5 (модуль Geographic tracker 4.0) при проведении географических исследований // Геоинформационное картографирование в регионах России: матер. II (заочной) Всеросс. науч.-практ. конф. (Воронеж, 15 ноября 2010 г.) / Воронежский государственный университет. Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2010. С. 63–68.
5. Рыжков О. В. Формирование сглаженных полигонов в среде Mapinfo Professional v.12.0 по данным приборов спутникового позиционирования // Современные технологии в деятельности ООПТ: Матер. междунар. науч.-практ. конф. (курортный поселок Нарочь, Беларусь, 12–16 мая 2014 г.). Нарочь: ООО «Аль Пак», 2014. С. 133–134.
6. Рыжков О. В. Методика создания сглаженных полигонов в среде MAPINFO PROFESSIONAL v.12.0 по данным приборов спутникового позиционирования // Современные технологии в деятельности ООПТ (ГИС-Нарочь, 12–16 мая 2014). Матер. междунар. науч.-практ. конф. (избранное). Курортный поселок Нарочь, Беларусь, 2014. С. 94–107.
7. Рыжков О. В., Рыжкова Г. А., Рыжков Д. О. Обзор новых возможностей версии 11.5 ГИС MapInfo Professional для создания карт проективных покрытий растительности на основе сплайнов // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013: Матер. межрегион. науч. конф. (г. Курск, 6 апреля 2013 г.). Курск, 2013. С. 138–140.
8. Рыжков О. Сравнение модулей работы с растрами в среде ГИС: Mapinfo Pro Advanced и Vertical Mapper // Сборник тезисов 4-ая Международная практическая конференция Сообщества природоохранных ГИС в России «Использование ГИС и данных дистанционного зондирования Земли для охраны природы» (Национальный парк «Валдайский», Валдай, 3–5 октября 2019 г.). С. 80–83.
9. Использование GPS- и ГИС-технологий для изучения особо охраняемых природных территорий (на примере ландшафтной структуры Воронежского государственного природного биосферного заповедника) / В. Н. Солнцев [и др.]. Тула: Гриф и К, 2006. 216 с.

АНАЛИЗ ПРОНИЦАЕМОСТИ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ВИДОВ (БУРЫЙ МЕДВЕДЬ, РЫСЬ ЕВРОПЕЙСКАЯ, БАРСУК ОБЫКНОВЕННЫЙ) НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

А. А. Сидорович¹⁾, В. Ю. Даглис²⁾, М. М. Максимов³⁾

¹⁾ ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», ул. Академическая, д.27, 220072,
г. Минск, email: anna-ecofox@mail.ru

²⁾ ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», ул. Академическая, д.27, 220072,
г. Минск, email: daglislav@yandex.by

³⁾ ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», ул. Академическая, д.27, 220072,
г. Минск, email: maksim.maksimau@yandex.by

В работе проведен анализ динамики проницаемости природных сред для модельных видов животных (бурый медведь, рысь европейская, барсук обыкновенный) за последние 40 лет. Установлен характер пространственных и временных изменений индексов, разделенных на функциональные группы для модельных видов животных на территории Белорусского Поозерья. Выявлены проблемные участки с низкой степенью проницаемости природных сред для вышеуказанных видов. Оценено влияние различных барьеров, снижающих связанность среды. Выявлены основные факторы, влияющие на динамику проницаемости природных сред.

Ключевые слова: проницаемость среды обитания; млекопитающие; Белорусское Поозерье; дистанционное зондирование Земли; геоинформационные системы.

ANALYSIS OF PERMEABILITY OF THE HABITAT MODEL SPECIES (BROWN BEAR, lynx, common badger) ON THE TERRITORY OF THE BELARUS LAKE

A. A. Sidorovich¹⁾, V. Yu. Daglis²⁾, M. M. Maksimov³⁾

¹⁾ GNPO "NPC of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources", str.
Akademicheskaya, 27, 220072, Minsk, email: anna-ecofox@mail.ru

²⁾ GNPO "NPC of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources", str.
Akademicheskaya, 27, 220072, Minsk, email: daglislav@yandex.by

³⁾ GNPO "NPC of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources", str.
Akademicheskaya, 27, 220072, Minsk, email: maksim.maksimau@yandex.by

The paper analyzes the permeability dynamics of natural environments for model species of animals (brown bear, European lynx, common badger) over the past 40 years. The character of the spatial and temporal changes of the indices, divided into functional groups for model species of animals on the territory of the Belarusian Lake District, is established. Identified problem areas with a low degree of permeability of natural environments for the

above-mentioned species. The impact of various barriers that reduce the connectivity of the environment is evaluated. The main factors affecting the dynamics of the permeability of natural environments have been identified.

Keywords: habitat permeability; mammals; Belorussian Poozerye; remote sensing of the Earth; geoinformation systems.

Под проницаемостью среды обитания подразумевается способность территории обеспечивать места обитания и миграции для различных видов животных и растений и способность различных организмов перемещаться через ландшафт. Оценка проницаемости как свойства среды должна осуществляться как на экосистемном, так и на видовом уровнях. Оценка на экосистемном уровне предполагает определение экосистем и типов мест обитания внутри территории исследования, проведение оценки степени их разнообразия и целостности на основе данных о их структуре, функциях, составе и связанности. На видовом уровне проницаемость выступает как условие, необходимое для поддержания жизни отдельных видов, для поддержания «жизнеспособной популяции» на территории исследования [1].

В результате оценки проницаемости выделяются зоны связности, которые располагаются на границе лесных массивов. Данные зоны требуют введения специальных режимов, направленных на поддержание проницаемости и связанности в целом, и снижение влияния барьеров [2].

В данной работе используется экосистемный подход оценки проницаемости, однако с учетом видовых особенностей модельных видов.

В качестве модельных видов для исследования были отобраны следующие виды животных с дифференциацией их по уровню мобильности: высокомобильные (медведь бурый *Ursus arctos*, рысь европейская *Lynx lynx*), среднемобильные (барсук *Meles meles*). Исходя из размеров индивидуальных участков обитания, полученных на основе анализа литературных источников для высокомобильных видов расчет индексов осуществлен для сетки с размером ячеек 10 на 10 км, а для среднемобильных видов для сетки с размером ячеек 5 на 5 км.

Ландшафтные индексы, как правило, рассчитываются на основе данных о классах земельного покрова. Дополнительными факторами для исследования проницаемости среды обитания, фрагментации ландшафта могут быть рельеф местности (абсолютная или относительная высота, уклон, изрезанность рельефа), расстояние до водоемов и водотоков, факторы влияния человека (расстояние от дорог, плотность дорог, плотность застройки и т. д.).

Исследуемой территорией была выбрана территория Белорусского Поозерья в границах Поозерской провинции в соответствии с действующим физико-географическим районированием территории Беларуси. Особенностью территории является наличие крупных лесных массивов в северной и северо-восточной части, что способствует беспрепятственному перемещению животных (расселения и миграций). Также для всего региона характерна высокая доля озер. Западная часть характеризуется средними значениями доли площадей под лесами, однако здесь расположены крупные ООПТ, имеющие специальные режимы охраны и использования.

Основными барьерами для перемещений животных, в Белорусском Поозерье как и в других регионах, служат селитебные ландшафты (населенные пункты и обширные сельхозугодия), а также автомагистрали и примыкающие к ним участки [3].

В качестве исходных данных использовались данные дистанционного зондирования земли (ДДЗ) ресурса Globeland30 и данные с сенсора LANDSAT-5 Thematic Mapper (для ретроспективной оценки динамики проницаемости среды). В итоге были получены растры, имеющие единую классификацию покрытия земель 1980-х – 2020 гг.

Дополнительными источниками информации служили векторные данные о линейных объектах, являющихся препятствиями для мобильности отдельных видов (дороги и реки) не выделенные на классифицированных растрах.

Для оценки проницаемости среды использовалось 10 индексов. Для расчета индексов (за исключением индексов связности ландшафта) была построена модель в ГИС ArcMap, вычисляющая данные индексы по исходной векторной сетке. Данные индексы перечислены в таблице 1.

В основу расчетов индексов связности ландшафтов взято семейство индексов сетевой доступности местообитаний, которые количественно определяют функциональную связанность на основе площади ключевых местообитаний, их пространственной конфигурации, расстояний между участками и возможностей расселения видов, обитающих в конкретных местообитаниях. Каждая связь между любыми двумя участками ai и aj характеризуется вероятностью расселения какого-либо вида p_{ij} , полученной как функция расстояния (в нашем случае евклидово (прямолинейное) расстояние от края до края), совпадающая с вероятностью 50% для среднего расстояния расселения видов (в нашем случае для средних способностей расселения модельных видов на 5 км и 10 км). Для целей нашего исследования мы использовали три индекса связанности – индекс корневой вероятности (RPC), индекс изоляции (IsoSI) и средний индекс связанности (APC), которые измеряют различные аспекты связанности, но получены

из одного и того же семейства. Информация о патч-областях рассматривается, либо по их произведению (как в случае RPC), либо только по одному из них на каждую пару (IsoSI рассматривает область патча назначения), либо ни по одному из них, как в случае APC. Для автоматизации процесса расчета индексов связанности ландшафта разработано программное обеспечение “Connectivity”, написанное на языке программирования Python 3.8.4 [4].

Таблица 1

Индексы оценки проницаемости среды

Индекс, единица	Характеристика индекса
Индексы структуры ландшафта (Area & Edge)	
PLAND (<i>Patch Density</i>)	Доля лесных участков на единицу площади
NP (<i>Number of Patches</i>)	Обратное число участков (в контуре)
PURBAN	Обратная удельная доля селитебных участков
PLAKES	Обратная удельная доля водных участков
Индексы конфигурации (Shape metrics)	
LPI (<i>Largest Patch Index</i>)	Отношение площади самого большого массива к общей площади лесов
Индексы связанности лесного ландшафта (Connectivity metrics)	
APC (<i>Average Probability of Connectivity</i>)	Средний индекс связанности
RPC (<i>Root Probability of Connectivity</i>)	Индекс корневой вероятности
IsoSI (<i>Isolation Sensitive Index</i>)	Индекс изоляции
Барьерные индексы	
ROADS, км	Нормализованная протяженность дорог национального и регионального значения (в контуре)
RIVERS, км	Нормализованная протяженность рек (в контуре)

В результате получены данные о проницаемости среды для млекопитающих на территорию Белорусского Поозерья, а также рассчитан общий, интегральный индекс по имеющимся данным, а также выполнена оценка динамики показателей за исследуемый период (рис. 1).

Разработанные модели проницаемости среды обитания были сопоставлены с данными статистической отчетности по плотности популяций рыси, бурого медведя и барсука, полученных от охотпользователей (табл. 2). Для этого данные по плотности популяций нанесены на квадраты тех же размеров, что были использованы для расчета индексов. Для краевых зон охотхозяйств использовали средневзвешенное значение плотности популяций.

1980
2020

Оценка пропиаемости среды для Рыси
(модельный вид)
Динамика показателя Integral

Максимальное значение: 0.22
Минимальное значение: -0.27
Среднее: 0
Медиана: 0
Стандартное отклонение: 0.06

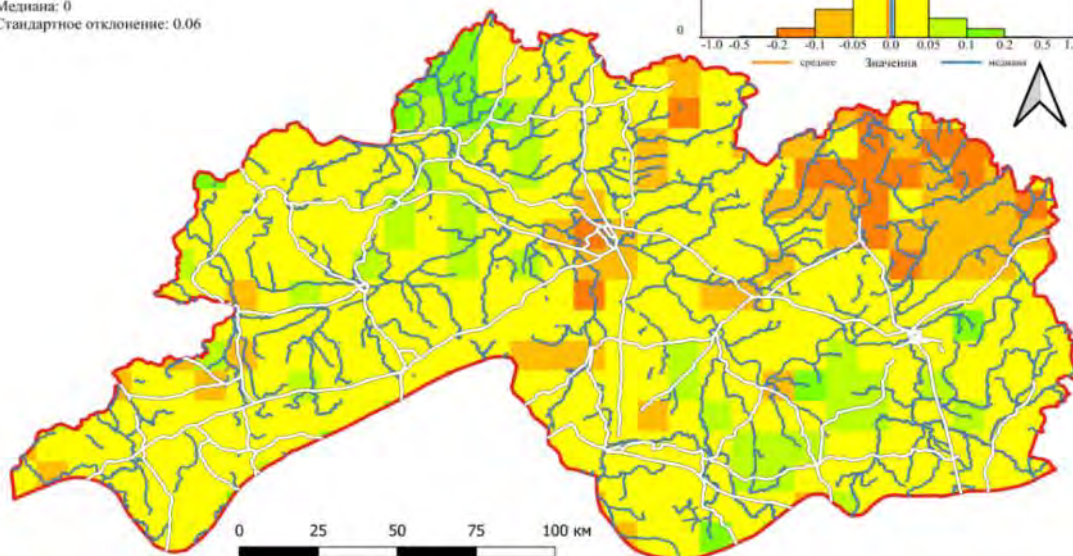
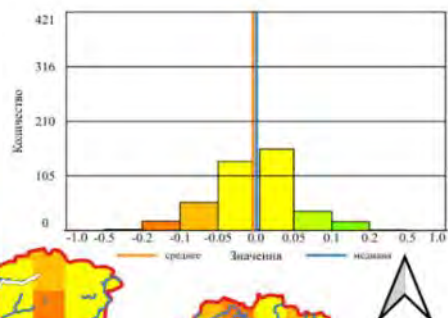


Рис. 1. Динамика интегрального индекса для Рыси

Таблица 2

Интегральный индекс	Плотность популяции, ос. на 10 км ² (min-max (среднее))		
	Барсук	Рысь	Медведь
0-0,1	0	0	0
0,1-0,2	0	0	0
0,2-0,3	0	0	0
0,3-0,4	0	0	0
0,4-0,5	0-3,15 (0,46)	0-0,47(0,11)	0-0,27(0,07)
0,5-0,6	0-3,18 (0,68)	0-0,55(0,14)	0-0,28(0,11)
0,6-0,7	0-2,22 (0,62)	0-0,32(0,16)	0-0,98(0,18)
0,7-0,8	0-0,97 (0,40)	0-0,28(0,17)	0-1,61 (0,67)
0,8-0,9	0	0	0
0,9-1,0	0	0	0

Как видно из представленного материала, с увеличением значения интегрального индекса до 0,7 агрегированные средние и максимальные значения плотности популяций видов хищных млекопитающих также возрастают. Однако, при значениях интегрального индекса более 0,7 увеличение агрегированных значений плотности видов не наблюдается. Это говорит о том, что плотность популяций в настоящее время соответствует или нахо-

дится ниже потенциальной средней емкости местообитаний для этих видов на территории Поозерья и не достигает возможных максимальных значений. В будущем, по мере увеличения плотности популяций, будет наблюдаться более активное расселение особей, и в этом случае данные по плотности популяции видов и характер их расселения будет все больше соответствовать разработанной нами модели проницаемости среды обитания.

Разработана модель расчета индексов проницаемости среды обитания различных видов животных. На основании полученных индексов построены Модели проницаемости среды обитания на территории Белорусского Поозерья. Проведен анализ временной динамики проницаемости природных сред для модельных видов животных за последние 40 лет с использованием технологий дистанционного зондирования земли (ДДЗ) и инструментария геоинформационных систем (ГИС). Выполнено сопоставление полученных результатов с данными плотностей популяции видов, для оценки работы модели и полученных результатов.

Библиографические ссылки

1. Connectivity conservation management : in Protected Area Governance and Management / I. Pulsford [et al.] // Eds.: G. L. Worboys [et al.]. Canberra : ANU Press. 2015. P. 851–888.
2. Singleton P., Gaines W. L., Lehmkuhl J. F. Landscape permeability for large carnivores in Washington: a geographic information system weighted-distance and least-cost corridor assessment. Res. Pap. PNW-RP-549. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 2002. 89 p.
3. Моделирование проницаемости среды обитания (наличия коридоров и барьеров для перемещений) для модельных видов животных Белорусского Поозерья с использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и программного инструментария геоинформационных систем (ГИС) : отчет о НИР (промежут. Этап 1) / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» ; рук. А. А. Сидорович. Минск, 2022. 101 с. № ГР 20210242.
4. Максимов М. М., Даглис В. Ю., Сидорович А. А. Разработка методики моделирования и оценки проницаемости среды обитания млекопитающих на территории Белорусского Поозерья по данным дистанционного зондирования земли средствами ГИС // ГИС-технологии в науках о Земле : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 16 нояб. 2022 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. А. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2022. С. 101–107.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРИРОДООХРАННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

М. А. Чернышева

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Бутлерова, 4,
420000, г. Казань, Россия, email: marya.chernysheva99@mail.ru*

Данная статья посвящена роли, значению и применению геоинформационных систем в деятельности особо охраняемых природных территорий. Автор обсуждает, как ГИС способствуют более эффективному сбору, обработке и отображению информации об объектах, находящихся на природоохранных территориях. В статье также рассматривается пример использования ГИС в природоохранной деятельности и выделяются перспективы развития данной области.

Ключевые слова: ГИС; интерактивные карты; ООПТ; веб-картография; картографирование.

EXPERIENCE IN IMPLEMENTING GEOINFORMATION MAPPING AND WEB TECHNOLOGIES IN ENVIRONMENTAL PROTECTION ACTIVITIES

M. A. Chernysheva

*Kazan (Volga region) Federal University, Butlerova str., 4,
420000, Kazan, Russia, email: marya.chernysheva99@mail.ru*

This article is devoted to the role, importance and application of geographic information systems in the activities of specially protected natural areas. The author discusses how GIS contributes to more efficient collection, processing and display of information about objects in protected areas. The article also discusses an example of GIS use in nature protection activities and highlights the prospects for the development of this field.

Keywords: GIS; interactive maps; protected areas; WEB-cartography; mapping.

Развитие и широкое распространение геоинформационных технологий обеспечило появление новых возможностей для сбора, систематизации и картографирования больших массивов разнообразной информации. В настоящее время изучение и исследования окружающей природной среды достаточно тесно связаны с использованием ГИС-технологий, они позволяют проводить исследования на качественно новом уровне, оперативно обрабатывая большие объемы информации и создавая «Big Data». Большинство геоинформационных программ используются для решения

задачи упорядочения и регулирования сведений, имеющих пространственную привязку. В связи с этим оцифровка и структурирование имеющихся сведений об ООПТ является важной и актуальной задачей современной науки.

В обобщенном понятие природоохранные ГИС и веб-продукты направлены на урегулирование проблем инвентаризации и наблюдения, оценки и прогноза, управления и планирования, в первую очередь особо охраняемых природных территорий [1]. Главное отличие геоинформационных систем и веб-ресурсов природоохранной направленности в предметной специализации и территориальном масштабе.

Важным аспектом использования ГИС в управлении ООПТ является возможность интеграции данных из различных источников, таких как спутниковые снимки, данные дистанционного зондирования, результаты полевых исследований и т.д. Это позволяет создавать комплексные информационные модели, на основе которых можно принимать обоснованные решения по сохранению природных ресурсов.

Одним из основных преимуществ внедрения ГИС в ООПТ является возможность визуализации и анализа разнообразных данных о природной среде. Это позволяет лучше понять состояние территории, выявить уязвимые места, определить приоритеты для охраны природы и разработать эффективные меры по ее сохранению. Кроме того, ГИС позволяют проводить мониторинг изменений в ООПТ и оценивать воздействие человеческой деятельности на природную среду. Это помогает улучшить контроль за территорией и предотвращать негативные последствия для природы.

В последние десятилетия успешно развиваются технологии публикации пространственных данных через сеть Internet. Эта тенденция обусловлена преимуществами архитектуры ГИС проекта, в которой клиентом служит любой современный веб-браузер. Современная веб-ГИС должна предоставлять возможность загрузки и стилизации пространственных данных с помощью простого и ясного интерфейса [2].

Преимуществом таких ГИС является возможность создания интерактивных карт и информационных ресурсов для широкой аудитории. Такие карты могут быть использованы для обучения и просвещения общественности, а также для привлечения внимания к вопросам сохранения природы [3].

Сегодня существует огромное множество механизмов для создания веб-ГИС как ограниченного, так и свободного доступа через программные комплексы или в сети интернет. В данной статье приводится пример создания веб-ГИС в виде интерактивной карты для Национального парк «Нижняя Кама», являющегося особо охраняемой природной территорией федерального значения, расположенной в республике Татарстан.

Особо охраняемая природная территория «Нижняя Кама» имеет высокую природную ценность, а также важное значение в решении проблем взаимоотношений природы и общества. Как и большинство других, изучаемая ООПТ способствует восстановлению и сохранению генетического фонда комплекса типологически и флористически богатых лесных массивов и пойменных лугов республики Татарстан, поддержание естественного равновесия [4].

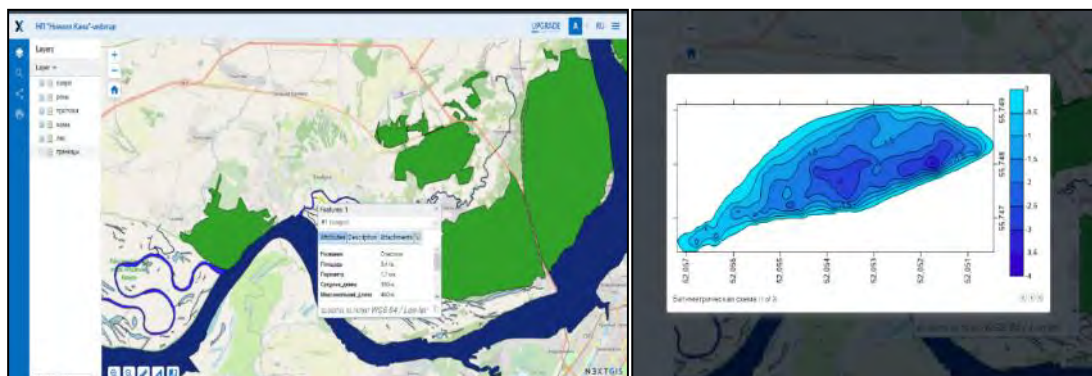
На сегодняшний день данная территория активно изучается, вследствие чего появляется большой объем данных различной информации. Но данные сведения недостаточно структурированы и зачастую труднодоступны. В ходе различных исследований накапливается мощный объем данных, в большинстве своем имеющих пространственную привязку, поэтому возникает проблема упорядочения, хранения и регулирования этих сведений.

Сбор, обобщение и хранение данных научно-исследовательских работ на особо охраняемых природных территориях конечно же является важной задачей современной науки, но результаты будут иметь ценность только в том случае, если они должным образом представлены. Большую роль здесь играет геоинформационное картографирование и картографические базы данных. В связи с этим картографирование и структурирование имеющихся сведений об ООПТ является важной и актуальной задачей.

Предлагаемая автором веб-ГИС для особо охраняемой природной территории представлена в виде интерактивной карты. Такие карты очень просты в управлении, вследствие чего доступны любому пользователю. Функциональная роль такой карты заключается в объединении разбросанных данных и визуализации их в понятной и легкодоступной форме в виде всплывающих окон. Всплывающие окна содержат большой объем информации об объектах, находящихся на территории исследования. Информация является достоверной и актуальной, может легко обновляться и пополняться.

Просмотр данной карты доступен через любой интернет-браузер. Для отображения информации необходимо щелкнуть на один из объектов на карте, после чего появится всплывающее окно с информацией, привязанной к этому объекту. С помощью всплывающих окон предоставляется возможность извлечь из карты большой объем текстовой и графической информации. В одном единственном окне предоставляется возможность просмотра разного рода данных: атрибутивной информации, отображаемый в текстовом формате и мультимедийных данных, которые представляют собой схемы и иллюстрации (рис. 2). Веб-карта содержит несколько слоев, отображение которых легко настраиваемо.

Стоит отметить, что данной разработкой могут пользоваться не только специалисты в сфере геоинформационных технологий, но и пользователи не знакомые с веб-картографией и геоинформационными системами, так как карта наглядна и обладает простым интерфейсом.



Всплывающие окна на веб-карте

Таким образом, ГИС открывают новые возможности для управления ООПТ, обеспечивая более эффективное использование данных и ресурсов при принятии решений по сохранению природной среды. Перспективы данной области связаны с развитием новых методик анализа данных, интеграции современных технологий (например, дронов) и совершенствованием существующих баз данных для более точного и оперативного управления природоохранными территориями.

Библиографические ссылки

1. *Отбоева С. Д., Жалсараева Е. А.* Особенности применения геоинформационных систем при экоаудите особо охраняемых природных территорий // Российское предпринимательство. 2016. № 15.
2. *Ловцкая О. В., Кошелев К. Б., Баладков Н. А.* WEB-ГИС для визуализации результатов моделирования опасных гидрологических ситуаций // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2015. № 4 (39). С. 49–52.
3. *Уленгов Р. А., Уразметов И. А., Кубышкина Е. Н.* ГИС-технологии как средство развития географического образования // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15), № 3. С. 361–366.
4. Постановление СМ РСФСР от 20.04.1991 N-223 «О создании национального парка "Нижняя Кама" Министерства лесного хозяйства РСФСР в Татарской ССР». Москва, 1991.

ОЦЕНКА ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ СОЛИГОРСКОГО ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

В. В. Шкадун¹⁾, Д. В. Угоренко¹⁾, А. Л. Киндеев²⁾

¹⁾ ГУО «Лицей БГУ», г. Минск

²⁾ Кафедра почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики БГУ, г. Минск, email: AKindeev@tut.by

В работе было оценена степень влияния Солигорского горно-промышленного района на засоление почв прилегающих сельскохозяйственных земель. С помощью кондуктометра «Hanna HI98331» были произведены измерения электропроводимости и рассчитано содержание солей на двух исследуемых участках местности. Полученные расчеты показали высокую степень засоления почв и, как следствие, техногенного влияния солеотвалов на почвенный покров.

Ключевые слова: засоление почв; электропроводимость; ГИС-технологии; картограммы.

ASSESSMENT OF SOIL SALINITY IN THE SOLIGORSK MINING AND INDUSTRIAL REGION

V. V. Shkadun¹⁾, D. V. Ugorenko¹⁾, A. L. Kindeev²⁾

¹⁾ Lyceum of BSU, Minsk

²⁾ Department of Soil Science and Geoinformation Systems of the Faculty of Geography and geoinformatics BSU, Minsk, email: AKindeev@tut.by

The work assessed the degree of influence of the Soligorsk mining and industrial region on soil salinization of adjacent agricultural lands. Using a Hanna HI98331 conductivity meter, electrical conductivity measurements were taken and the salt content was calculated in the two study areas. The resulting calculations showed a high degree of soil salinization and, as a consequence, the technogenic influence of salt dumps on the soil cover.

Keywords: soil salinization; electrical conductivity; GIS technologies; cartograms.

В современных условиях увеличения антропогенного воздействия на окружающую среду, борьба с негативными геоэкологическими явлениями и процессами приобретает особую актуальность, в частности – с засолением почв.

В результате засоления почвы возникает угроза потери сельскохозяйственных угодий и ухудшения качества почв для выращивания пищевых культур: засоление способствует эрозии, снижению биоразнообразия.

Помимо потери сельскохозяйственных земель, засоление почвы имеет также негативные последствия для окружающей среды и здоровья

людей. Вымывание солей из засоленных почв может привести к загрязнению поверхностных и подземных вод, а высокая концентрация соли в почве может повлиять на качество питьевой воды и водных экосистем.

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных наций (ФАО) в своем докладе указала на угрозу для глобальной продовольственной безопасности, которая вызвана засолением почв [5]. В почвах, которые подвержены засолению снижается уровень плодородия, проявляется снижение доступности микро- и макроэлементов, необходимых для питания растений [1]. Также на засоленных почвах наблюдается подавление доступности обменного кальция, в случае дефицита которого происходит ослабление защитных функций при солевом стрессе растений, что вызвано дестабилизацией мембран [8].

Крайне важным является научное изучение антропогенного фактора засоления почв. В ходе хозяйственной деятельности человека стала возрастать площадь засоленных территорий, отмеченное ещё в начале XX века. Нарушение геохимического равновесия является проблемой не только для продовольственной безопасности, но и провоцирует экологические нарушения разного характера [6].

Местом добычи калийных солей является Солигорский горнопромышленный район, находящийся в одноименном районе Республики Беларусь, что делает данную местность местом повышенной техногенной нагрузки, одним из проявления которой является засоление почвы на прилегающих сельскохозяйственных землях. В связи с этим особой актуальностью обладает изучение проблемы засоления почв Солигорского горнопромышленного района для мониторинга и предотвращения дальнейшего негативного влияния на сельскохозяйственное производство.

Исходя из вышесказанного цель работы заключается в выявлении засоленности почв Солигорского района. В ходе достижения поставленной цели предлагается решение следующих задач:

- 1) Определить причины и следствия засоления почв в мире в целом и Солигорского района в частности;
- 2) Ознакомиться с методическими особенностями изучения засоленности почв;
- 3) Провести сравнительный анализ засоленности почв основного и контрольного участка с использованием ГИС-технологий.

Объектом исследования являются почвы двух контрольных участков Солигорского горнопромышленного района. Предмет исследования – засоление почв.

Солигорский горнопромышленный район расположен на западе/севере Солигорского района Минской области. За период эксплуатации Ста-

робинского месторождения были образованы солеотвалы и шламохранилища, используемые для хранения отходов добычи и переработки калийной руды. При переработке руды более 75 % уходит в отходы, что обусловлено низким содержанием калийных солей в руде. Также характерно избыточное накопление рассолов в шламохранилищах [4]. На территории 3000 Га, которая было отведена для хранения отходов предприятия было образовано 4 солеотвала и ряд шламохранилищ (рис. 1), в которых накопилось более 980 млн т галитовых отходов и 115 млн т рассолов [9].

Для оценки влияния солеотвалов было выбрано два участка, находящихся в Солигорском районе. Первый участок (основной) площадью 120 га находится в непосредственной близости от солеотвалов и шламохранилищ. Второй участок (контрольный), площадью 30 га, расположен на расстоянии от предприятия в 10 км (рис. 1).

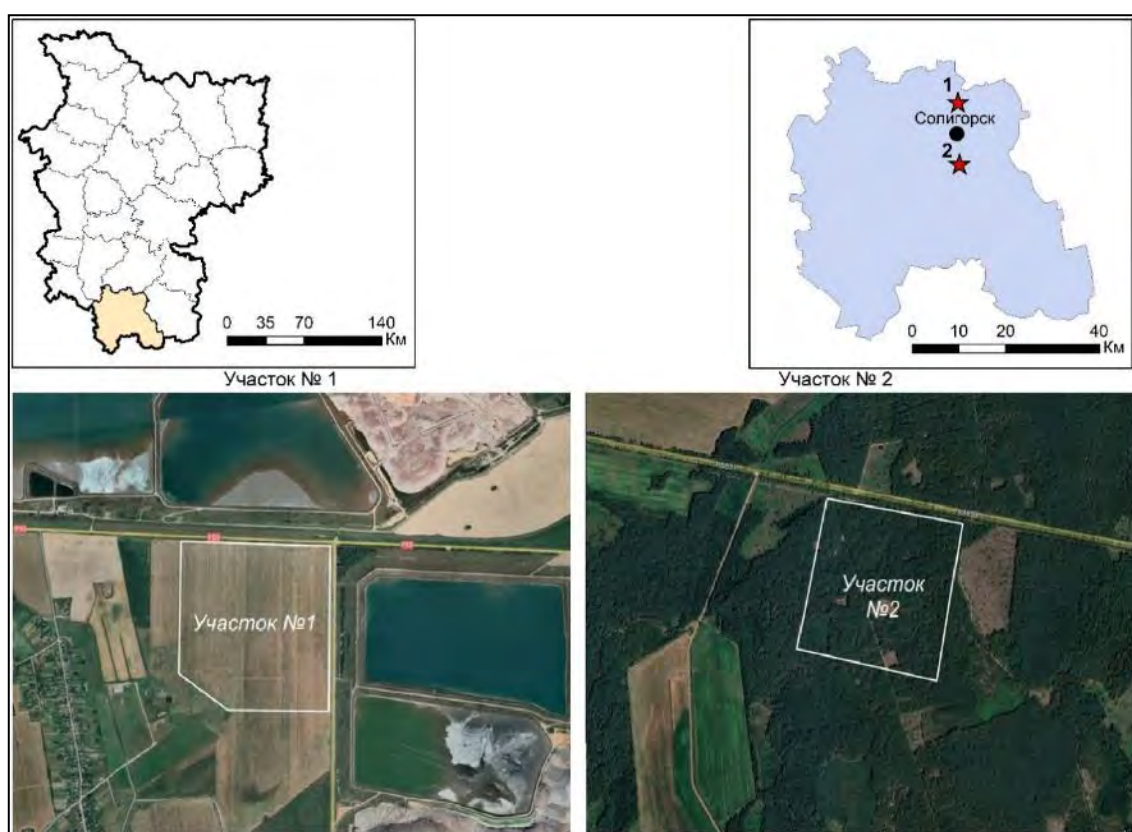


Рис. 1. Местонахождение исследуемых участков

С первого участка, который представлен пашней с дерново-палево-подзолистыми почвами, развивающихся на рыхлых супесях, переходящие в связные лессовидные супеси, подстилаемые связными породами с глубины 0.5–1.0 м (по данным ЗИС [2] было отобрано 110 образцов.

Второй участок представлен лесным массивом с дерново-подзолистыми глееватыми почвами, развивающимися на водно-ледниковых рыхлых супесях, подстилаемые рыхлыми породами с глубины до 0.5 м [2]. Количество образцов – 36.

Основным методом определения засоления почв выступил метод кондуктометрии, основанный на электропроводимости почвы. Так, установлено, что существует сильная взаимосвязь между засоленностью почвы и электропроводимостью. Данная корреляция обусловлена тем, что грунтовые воды при повышенном содержании ионов солей увеличивают свои электропроводные свойства [7].

Определение электропроводимости производилось с помощью кондуктометра «Hanna HI98331» с диапазоном измерений 0–4000 мкСм/с (0–4 мСм/см (дСм/м)).

На основании усреднений об удельной электропроводимости можно получить сведения о весовом содержании солей C (мг/дм³), рассчитанном по формуле [3]:

$$C = 64 * ae \quad (1)$$

где – 64 – переводной коэффициент;

ae – удельная электропроводимость (См/м).

Основные градации засоленности почвы, измеренной по электропроводимости приведены в таблице 1.

Таблица 1

Классификация почв по удельной электропроводимости и засоленности [3]

Удельная электропроводимость, См/м	Содержание солей, мг/дм ³	Характеристика почвы
Менее 0,2	Менее 15,0	не засоленные
0,2 – 0,8	0.15 – 50,0	слабозасоленные
0,8 – 1,5	50 – 100	среднезасоленные
Более 1,5	Более 100	сильнозасоленные

Расчет и построение картограмм засоленности почв проводилось в программном продукте ArcGIS Pro с использованием инструментов таблицы атрибутов и модуля Spatial Analyst (рис. 2).

По построенным картограммам отчетливо прослеживается влияние солевых валов на засоленность почвенного покрова. Если на участке № 2 содержание солей довольно типично для лесных земель в Республике Беларусь и практически отсутствует, достигая 12,8 мг/дм³ всего в ряде точек, то участок № 1 в ряде случаев может быть охарактеризован, как сильнозасоленный.

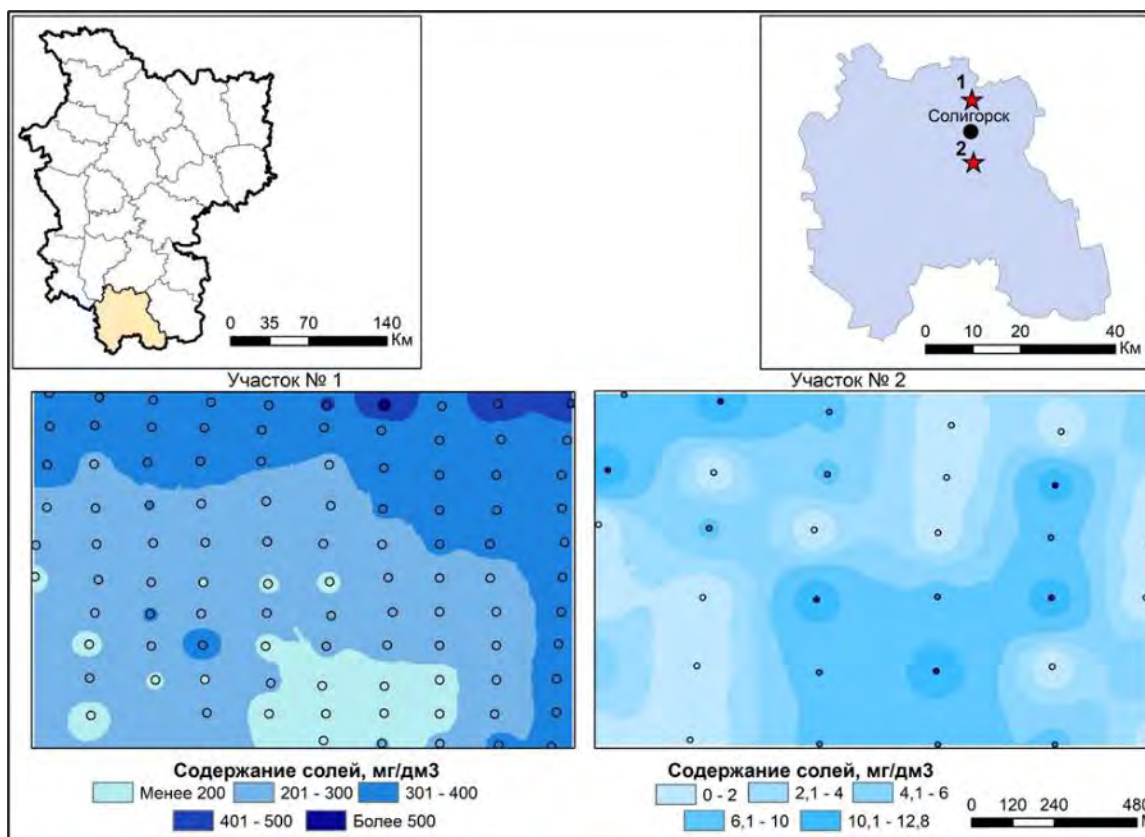


Рис. 2. Содержание солей на исследуемых участках

При учете классификации засоления, представленной в таблице 1, можно констатировать, что на большей части участка содержание солей превосходит нижний порог сильной степени засоления в 3–5 раза и составляет 200-300 мг/дм³ в западной части территории и 400-500 мг/дм³ в северо-восточной – наиболее приближенной к солеотвалам.

Полученные данные позволяют констатировать высочайшее влияние солеотвалов на прилегающие сельскохозяйственные земли, увеличение содержание солей более чем на десятикратно (в ряде случаев в 50 раз). Данное обстоятельство подразумевает необходимость проведение мероприятий по снижению негативного техногенного воздействия, оказываемое терриконами и солеотвалами.

Библиографические ссылки

1. Беловолова А. А., Николенко Н. В., Подколзин А. И. Влияние ионов солей и элементов на минеральное питание растений на засоленных почвах // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 4 (28). С. 88–91.
2. Геопортал ЗИС [Электронный ресурс]. URL: <https://gismap.by/next/> (дата обращения: 27.10.2023).

3. *Комиссаренков А. А., Пругло Г. Ф.* Кондуктометрия и высокочастотное титрование // СПб.: ГОУ ВПО СПбГТУРП. 2009. 41 с.
4. *Михайлов В. И.* Изучение солигорских солеотвалов с использованием новейших геодезических технологий // Наука и техника. 2018. № 4. С. 288–291.
5. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/newsroom/detail/world-soil-day-fao-highlights-threat-of-soil-salinization-to-food-security-031221/ru>
6. *Снытко В. А., Собисевич А. В., Шёнфельдер Т.* Вторичное засоления почв как эколого-географическая проблема // Эколого-географические проблемы регионов России. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Самара. 2017. С. 225–228.
7. *Субботина М. Г., Хорхе, Б.-С.* Об электропроводности почв в современных исследованиях // Пермский аграрный вестник. 2013. № 3 (3). С. 28–33.
8. Техногенное засоление почв и их микробиологическая характеристике / В. С. Артамонова [и др.] // Сибирский экологический журнал. 2010. Т. 17. № 3. С. 461–470.
9. *Хайрулина Е. А., Хомич В. С., Лискова М. Ю.* Геоэкологические проблемы разработки месторождений калийных солей // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2018. № 2. С. 112–126.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-СИСТЕМ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

Л. Р. Шугаипова¹⁾, О. В. Серова²⁾, А. С. Ушаридзе³⁾

¹⁾ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», 450008, Россия, Республика Башкортостан,

г. Уфа, ул. Октябрьской революции, д. 3а, email: Lika4.husainova@yandex.ru

²⁾ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», 450008, Россия, Республика Башкортостан,

г. Уфа, ул. Октябрьской революции, д. 3а, email: serowa@mail.ru

³⁾ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», 450008, Россия, Республика Башкортостан,

г. Уфа, ул. Октябрьской революции, д. 3а, email: Asedleckaya@gmail.com

В настоящее время становится все более очевидным тот факт, что объемы получаемой информации способны обработать только ЭВМ. Сбор, хранение и обработку такого рода пространственно - временной информации возможно осуществлять с помощью геоинформационных систем (ГИС). Большое количество существующих на сегодняшний день ГИС способны показать только мгновенную "застывшую" информацию, в то время как остро стоит проблема обработки динамической информации. Масштабы антропогенной деятельности поставили перед исследователями вопрос о проведении мониторинга всех географических составляющих природной среды.

Ключевые слова: геоинформационные системы; ГИС-мониторинг; растительность.

PROSPECTS FOR THE USE OF GIS SYSTEMS IN ECOLOGICAL MONITORING OF VEGETATION COVER

L. R. Shugaipova¹⁾, O. V. Serova²⁾, A. S. Usharidze³⁾

¹⁾ Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Oktyabrskaya revolyutsii str., 3a, 450008, Russia, Republic of Bashkortostan, email: Lika4.husainova@yandex.ru

²⁾ Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Oktyabrskaya revolyutsii str., 3a, 450008, Russia, Republic of Bashkortostan, email: serowa@mail.ru

³⁾ Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Oktyabrskaya revolyutsii str., 450008, Russia, Republic of Bashkortostan, d. 3a email: Asedleckaya@gmail.com

Currently, it is becoming increasingly obvious that only computers are able to process the volumes of information received. It is possible to collect, store and process this kind of spatio-temporal information using geoinformation systems (GIS). A large number of GIS that exist today are able to show only instantaneous "frozen" information, while the problem of

processing dynamic information is acute. The scale of anthropogenic activity has raised the question of monitoring all geographical components of the natural environment for researchers.

Keywords: geoinformation systems; GIS monitoring; vegetation.

Используя показатель степени фитотоксичности почв, можно получить сравнительную характеристику территориальных единиц, а также определить уровень техногенной нагрузки наносимой деятельностью комбинатов. Таким образом, появляется возможность минимизации измерения параметров биосферы при осуществлении мониторинга состояния окружающей природной среды, исходя из концепции иерархической инертности компонентов окружающей среды. Поскольку режим питания и плодородие почв определяют наличие и объем биомассы на конкретной территории, необходимо и достаточно контролировать динамику растительного покрова [1]. Растительный покров – это, возможно, самый важный биофизический индикатор деградации земель. Исследования растительности проводятся в период вегетации с использованием, так называемого, индекса растительности.

Однако существующая система мониторинга в России, которая не модернизировалась с 80-х годов, не позволяет получать экологическую информацию локального масштаба в реальном времени. Для этого требуются значительные ресурсы, а главное – длительный период наблюдений [6]. Альтернативным решением проблемы могут стать методы дистанционного зондирования отдельных участков (отвалов, карьеров, территории комбинатов), для которых характерны высокие темпы развития и быстрое получение практически значимых результатов. Самое большое преимущество дистанционных измерений состоит в том, что спутниковые измерения коэффициентов спектральной яркости поверхности Земли позволяют обнаруживать пространственные модели особенностей ландшафта и растительности, получать информацию с различным временным разрешением и в любом масштабе, многократно анализировать исследуемые территории и проводить сравнение нынешних событий с прошлыми [3].

Оценка морфологической структуры горно-добывающего ландшафта является важнейшей и наиболее трудоемкой частью работы по оценке геосистемной дифференциации территории. Знание морфологической структуры геосистем служит надежной основой для любого целевого районирования связанного с решением задач природопользования, а также для выработки требований к мониторингу.

Отходы горнопромышленного производства, образующиеся в процессе добычи и переработки минерального сырья, являются одним из наиболее мощных источников поступления в биосферу соединений, многие из которых представляют экологическую опасность. Проведенные исследования показали, что для большинства отходов горнопромышленного

производства характерен поликомпонентный состав, сочетающий взаимодействие природных и техногенных составляющих: наряду с геохимическими особенностями минерального сырья, определяющими природную литоэкологичность полезных ископаемых, значительную роль в формировании состава отходов играют технологические факторы, связанные с особенностями применяемой рудоподготовки и обогащения. В ходе данных процессов формируются специфические физико-химические обстановки (технологические геохимические барьеры), приводящие к концентрации в образующихся отходах (шламы и хвосты обогащения) химических соединений, сопутствующих основным полезным компонентам [4].

На территории Южного Урала ежегодно образуется около 2,1 млрд т отходов. Среди них наибольший удельный вес (60 %) занимают отходы, связанные с добычей и переработкой минерального сырья, извлекаемого из недр литосферы. Отрицательное воздействие горно-обогатительных комбинатов на природную среду проявляется в нарушение растительного и почвенного покровов. И отработанные, и действующие хвостохранилища являются источником сильного запыления окружающих территорий, так как на них, сильно развиты эрозионные процессы. Пылевые частицы, сдуваемые воздушными массами с хвостохранилищ, и сток с поверхности отвалов загрязняют воду, почву, включающиеся в трофические цепи токсиканты попадают в организмы животных и растения, что ведет к увеличению заболеваемости и смертности населения.

Предприятиями по добыче руды выбрасывается большое количество химических ингредиентов. Попадая в атмосферу, различные компоненты промышленных выбросов мгновенно вступают во взаимодействие между собой.

Образующиеся в момент взрыва пыль в виде пылегазового потока энергией взрывчатого вещества выносятся из карьера, получая при этом главенствующее вертикальное развитие. Сформированный взрывом газопылевой поток в течение 20-30 секунд достигает предельной высоты 15-200 метров и только потом, под действием атмосферных потоков приобретает свои доминирующие линейные размеры [1]. При этом происходит основное и интенсивное выпадение частиц пыли, концентрация которой в пылегазовом облаке может достигать значительных величин. Около 80 % пыlistых частиц выпадает на расстоянии не более 300-500 метров от эпицентра взрыва.

Анализ растительного покрова на изученных территориях показал, что нарушение земель ведет, прежде всего, к истощению видового разнообразия, а также таких глубоких экологических изменений как: исчезновение биогеоценозов, потеря тысячелетнего почвенного покрова, нарушение гидрологического состояния территорий, загрязнение прилегающих естественных биогеоценозов и агроценозов, что, в свою очередь, ведет к снижению их продуктивной деятельности. Основными загрязнителями

территории, подверженной деятельности предприятий горно-обогатительных комбинатов, являются тяжелые металлы. Состояние тяжелых металлов в почвах в значительной степени определяет генезис и плодородие почв. Загрязнение почв тяжелыми металлами приводит к последовательному изменению течения всех реакций в почве, биоте, в растениях. Изменение биохимических процессов в растениях и биоте влияет на их воздействие на почву.

Для предотвращения или уменьшения отрицательного воздействия хвостохранилищ на прилегающие населенные пункты и природные ландшафты необходимо закрепление их поверхности каким-либо способом. Признано, что наиболее радикальным методом закрепления пылящих поверхностей является биологическая рекультивация (фитомелиорация) путем создания на поверхности отвалов растительного покрова того или иного состава. В большинстве случаев биологическая рекультивация промышленных отвалов осуществляется путем посева многолетних трав и создания достаточно устойчивого лугового сообщества, способного противостоять развитию ветровой эрозии. На крутосклонных отвалах наиболее перспективно залужение и облесение [5]. Рядом специалистов доказана роль подбора лесных пород с учетом целевого назначения насаждений. Создание древесно-кустарниковых и травянистых фитоценозов на этих площадях имеет важное экологическое значение, обеспечивающее повышение устойчивости техногенного ландшафта и увеличение его видового биоразнообразия. Биологическая рекультивация промышленных отвалов приводит к созданию на их поверхности фитоценозов того или иного состава и зрелости. В ходе дальнейшего развития такого «искусственного» фитоценоза структура и состав его усложняются, далее возникают элементы естественных фитоценозов, относящиеся к зональному типу растительного покрова. Под влиянием растительности происходят процессы, свойственные почвообразованию в конкретных биоклиматических условиях, в частности накопление органического вещества. Образование гумусовых веществ – специфических органических соединений, свойственных почвам является важнейшим признаком первичного почвообразовательного процесса – начального этапа формирования почвенного профиля. Восстановление измененных территорий подразумевает воссоздание всех их компонентов. Достигнуть наилучшего эффекта возможно только в случае, если в разработке решения проблемы будет учитываться эколого-экономический аспект.

Рост площадей нарушенных земель требует неотложной разработки и проведения мероприятий по их восстановлению и возвращению во вторичное хозяйственное пользование.

На предприятиях горнорудного комплекса на стадии их проектирования предполагаются рекультивационные мероприятия: снятие дерна перед

проходкой открытых горных выработок и хранение его в специальных хранилищах, строительство очистных сооружений, подготовка площадей под отвалы и хвостохранилища с гидроизолирующим основанием, засыпка отработанных карьеров вскрышными породами и отходами обогащения руд, обеззараживание загрязненных токсикантами земель, землевание и укладка дерна на нарушенных площадях [8].

В настоящее время, когда человеку необходимо задуматься над тем, как переработать накопившиеся за долгий период отходы. Основное внимание должно быть уделено не добывающим предприятиям, а перерабатывающим, которые используют отходы и создают на их основе конкурентоспособную продукцию.

Библиографические ссылки

1. *Бойков Г. В.* Техногенное воздействие горнорудного комплекса Республики Башкортостан на окружающую среду // Реновация: отходы – технологии – доходы: Материалы Всеросс. науч.- практ. конф. Уфа 26 мая 2004 г. Уфа, 2004. С. 40–43.
2. *Боровиков В. А.* STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. СПб.: Корона, 2001. 656 с.
3. *Данусявичюс Ю. А.* Использование мониторинга для оценки природных объектов // Лесное хозяйство. 2001. № 5. С. 5–10.
4. *Калабин Г. В.* Использование спутниковых измерений для оценки состояния природной среды территории размещения предприятий горнопромышленного комплекса. // Технологическая платформа «Твердые полезные ископаемые»: технологические и экологические проблемы отработки природных и техногенных месторождений: Материалы науч.-практ. конф. Екатеринбург, 1–2 октября 2013 г. Екатеринбург.: ИГД УрО РАН, 2013. С. 210–212.
5. *Козаченко А. П.* Состояние почв и почвенного покрова Челябинской области по результатам мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Челябинск: Челябинский дом печати, 1997. 230 с.
6. *Маслов А. А.* Количественный анализ горизонтальной структуры лесных сообществ. Москва: Наука, 1990. 157 с.
7. *Россман Г. И.* Экологическая оценка рудных месторождений. Москва: Наука, 2000. 150 с.
8. *Хохряков А. В., Фадеичев А. Ф., Цейтлин Е. М.* Применение интегрального критерия для определения экологической опасности предприятий горнопромышленного комплекса // Известия Уральского государственного горного университета. 2013. № 1. С. 25–31.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРОВА ТЕПЛА Г. МИНСКА ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ С ПОМОЩЬЮ ГИС-МЕТОДОВ И СТАТИСТИКИ

Е. А. Ярош¹⁾, Т. В. Шлендер^{1,2)}, П. А. Силков²⁾

¹⁾ Факультет географии и геоинформатики БГУ

²⁾ Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь, email: zenya2004.6@gmail.com

Проведена верификация массива данных различных датчиков г. Минска по температуре воздуха с помощью ГИС методов и методов статистики. Особенности распространения городского острова тепла представлены посредством анализа карто-схемы пространственного распределения медианных значений нормированных температур, построенной при помощи статистических данных, ГИС платформы QGIS и языка программирования Python.

Ключевые слова: остров тепла; AirMQ; AMC; rp5; метод IQR; распределение нормированных температур.

DETERMINATION OF THE HEAT ISLAND OF MINSK BY INSTRUMENTAL DATA USING GIS METHODS AND STATISTICS

E. A. Yarosh¹⁾, T. V. Shlender^{1,2)}, P. A. Silkov²⁾

¹⁾ Faculty of Geography and Geoinformatics BSU

²⁾ National Research Center for Monitoring of the Ozonosphere BSU,
Minsk, Republic of Belarus, email: zenya2004.6@gmail.com

Verification of the air temperature data set using GIS methods and statistical methods has been carried out. The peculiarities of urban heat island distribution are presented by analyzing the map scheme of spatial distribution of median values of normalized temperatures, constructed with the help of statistical data, GIS platform QGIS and Python programming language.

Keywords: heat island; AirMQ; AMS; rp5; IQR method; distribution of normalized temperatures; land surface temperature.

В настоящее время в связи с осознанием антропогенного влияния на окружающую среду и урбанизацией, ростом городов, всё более важной становится проблема городского острова тепла (ГОТ) [1]. Основными причинами ГОТ являются огромное количество тепла, вырабатываемого городскими сооружениями, транспортом, промышленными предприятиями. Крупные города и представители разнообразной экономической деятельности сталкиваются с еще более серьезными трудностями, вследствие

чего возникла необходимость изучения данного явления для дальнейшего его контроля и предотвращения негативного влияния на здоровье и жизнедеятельность людей в целом [2,3].

В настоящей работе для получения информации о температуре воздуха использовались данные трех источников информации: автоматические метеостанции (АМС) Белгидромета (9 точек), данные о температуре воздуха с погодного сайта *gr5* (23 точки) [4], данные датчиков общественного проекта *AirMQ* (63 точки) [5], что в совокупности даёт 95 пунктов измерений в г. Минске.

С целью обработки полученных массивов данных температуры воздуха, использовалось фильтрование наблюдений при помощи проверки статистики: исключались значения, которые значительно отличаются от средней или медианной температуры. Кроме того, проводилась фильтрация на основании проверки согласованности данных: исключались любые наблюдения, значения которых не были согласованы с физическими процессами, лежащими в основе изменений температуры. Таким образом, для верификации массива данных по температуре применялись следующие методы:

- проверка статистики с ограничениями по верхней и нижней границам массива данных;
- проверка статистики распределения температур воздуха на нормальность;
- идентификация выбросов методом IQR (межквартильный диапазон).

Поскольку данные АМС Белгидромета предположительно имеют наилучшую точность и надёжность измерений температуры, то они были использованы в качестве референсных измерений для валидации и фильтрования данных датчиков *gr5* [4] и *AirMQ* [5]. На рисунке 1 представлена картосхема расположения датчиков, которые были использованы в обработке данных.

Предварительная обработка рядов измерений различных датчиков состояла в реализации пространственной и временной интерполяции. Для анализа взаимосвязи метаданных и данных по температурам, матрица температур связывалась с таблицей с метаданными. В качестве главного инструмента связывания всех данных вместе и приведения их к одной временной шкале с временным шагом один час использовался язык программирования Python.

Для фильтрования данных датчиков *AirMQ* [4] и *gr5* [5] использовались два варианта проверки:

- проверка на наличие данных на выбранную дату: данных по температуре воздуха должно быть не менее 97 % (23 часа из 24);
- проверка MAE (англ. mean absolute error - средняя абсолютная ошибка).

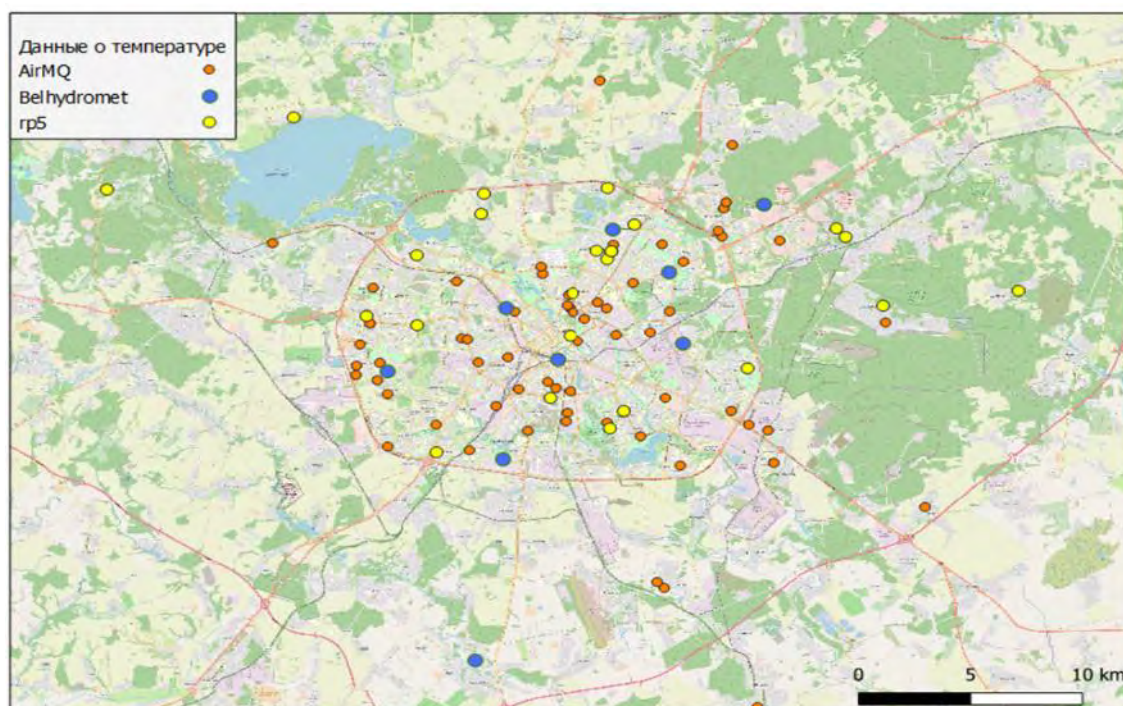


Рис. 1. Картосхема локализации использующихся метеодатчиков для г. Минска

МАЕ показывает на сколько градусов в среднем отличаются одно измерение проверяемого датчика относительно одного значения эталонного ряда.

На рисунке 2 представлены измерения температуры выборки группы датчиков за 05.04.2021, откуда можно заметить, что для выбранного дня проверку прошли суммарно только 4 датчика AirMQ и gp5.

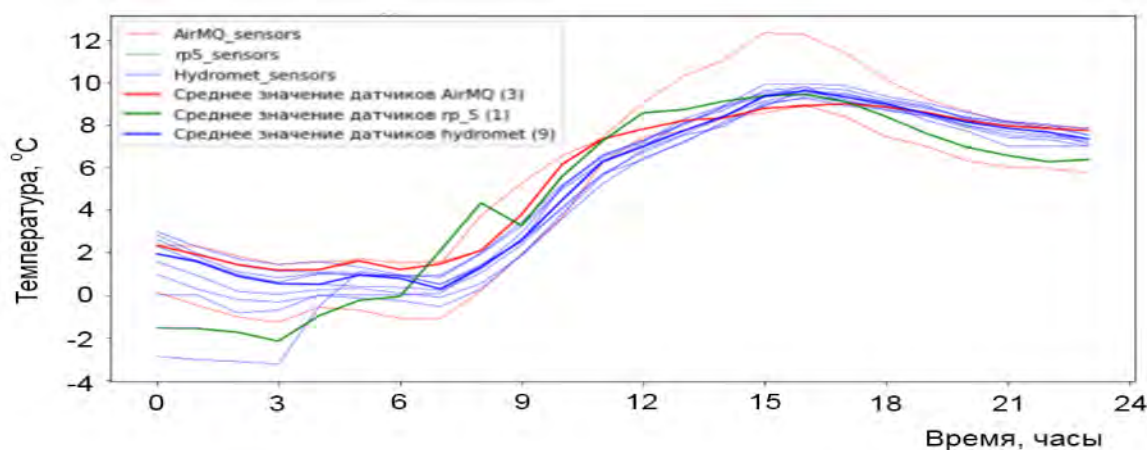


Рис. 2. Временной ряд температуры воздуха приземного слоя г. Минска по отфильтрованной выборке датчиков для 05.04.2021

Для демонстрации того, как именно применение статистических фильтров к датчикам AirMQ и gr5 меняет медианные значения MAE на масштабе времени один день, были отфильтрованы данные датчиков за период 01.03.2021 по 15.05.2021.

Такой диапазон был выбран в целях удобства визуализации изменений в рядах наблюдений, так как при выборе более широкого диапазона сложнее проводить анализ графической информации. Для анализа применялись медианные значения температуры, а не среднеарифметические, поскольку оказалось, что наличие шума в ряду данных значительно влияет на оценки математического ожидания, однако практически не влияет на медианные значения MAE, что показано на рисунке 3.



Рис. 3. Медианные значения MAE для данных о температуре воздуха приземного слоя г. Минска за период с 01.03.2021 по 15.05.2021:
 а) с применением фильтра по MAE; б) без применения фильтра по MAE;
 в) MAE для АМС Белгидромета

На рисунке 3 жёлтым цветом отображено медианное значение MAE датчиков AirMQ и gr5 до фильтрации для каждого дня, синим цветом - медианное значение MAE датчиков AirMQ и gr5 после фильтрации, зелёным - медианное значение MAE датчиков станций Белгидромета. Эти результаты показывают, что проведённая фильтрация приблизила среднюю абсолютную ошибку AirMQ и gr5 к средней абсолютной ошибке станций Белгидромета. Это говорит о том, что после фильтрации по признаку MAE остались измерения, приближенные к измерениям Белгидромета. Изменения статистических показателей датчиков после применения алгоритмов фильтрации за период 01.03.2021 – 15.05.2021 представлены в таблице.

По результатам, представленным в таблице, можно заметить, что медианное значение MAE для датчиков AirMQ и gr5 до применения процедуры фильтрации превышает медианные значения MAE датчиков станций Белгидромета более чем в 10 раз.

Таблица 1

Изменение метрик датчиков после фильтрации

Метрика	Значение
Медианное количество активных датчиков gr5 и AirMQ за день	38,0
Медианное количество датчиков gr5 и AirMQ после фильтрации за день	8,25
Медианный процент датчиков gr5 и AirMQ, не прошедших фильтрацию, %	80,7
Медианное MAE датчиков AirMQ и gr5 до фильтрации	3,88
Медианное MAE датчиков AirMQ и gr5 после фильтрации	0,86
Медианное MAE датчиков Белгидромета	0,36
Медианная дисперсия датчиков AirMQ и gr5 до фильтрации	6,22
Медианная дисперсия датчиков AirMQ и gr5 после фильтрации	4,36
Медианная дисперсия датчиков Белгидромета	3,97

Сравнивая статистические параметры соответствующих рядов температур воздуха датчиков до и после применения процедуры фильтрации, можно отметить разницу в медианных значениях MAE в 4.4 раза. Медианные изменения дисперсии оказались не столь значительны: в 1.6 раз между датчиками до фильтрации и станциями Белгидромета и в 1.4 раза между датчиками до фильтрации и датчиками после фильтрации.

Влияние процедуры фильтрации датчиков AirMQ и gr5 на дисперсию анализируемых данных показано на рисунке 4, где жёлтым цветом отображена медианная дисперсия датчиков AirMQ и gr5 до фильтрации для каждого дня, синим цветом – медианная дисперсия датчиков AirMQ и gr5 после фильтрации, зелёным – медианная дисперсия станций Белгидромета.

Информация о распределении тепла в г. Минске собиралась на основе средних значений датчиков за период в один год. Для анализа выбирался период с 01.02.2021 по 01.02.2022, так как именно в нём были представлены датчики всех имеющихся измерительных сетей: AirMQ, gr5 и Белгидромета.



Рис. 4. Медианные значения дисперсии у датчиков после фильтрации, датчиков до фильтрации и датчиков станций Белгидромета за период с 01.03.2021 по 15.05.2021

Для получения среднего распределения температурного поля по данным отфильтрованных датчиков за один год, проводилась нормировка данных с использованием стандартных отклонений по формуле:

$$x_{i, \text{станд}} = \frac{x_i - \mu}{\sigma},$$

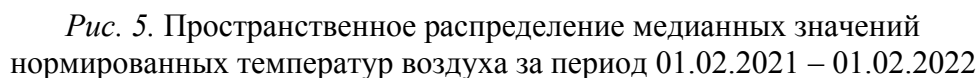
где $x_{i, \text{станд}}$ – нормированное значение температуры; x_i – исходное значение температуры; μ – среднее значение температуры выборки всех датчиков за конкретный момент времени; σ – стандартное отклонение выборки всех датчиков за конкретный момент времени.

В матрице данных всех доступных для анализа датчиков за один год содержится 8760 строк, представляющие собой все моменты измерений с дискретностью раз в 10 минут, каждая из которых образует выборку отфильтрованных рабочих датчиков в конкретный момент времени. Для каждой отфильтрованной выборки рассчитывались параметры измерений μ и σ , на базе которых с использованием формулы вычислялись нормированные значения температуры x_i , станд , что позволило, не привязываясь к абсолютным значениям температур воздуха, анализировать статистические параметры распределения нормированных значений температур воздуха для различных сезонов и времени суток.

В результате расчета среднегодовых нормированных значений температур отфильтрованных датчиков, из изначальной выборки в 95 датчиков была извлечена выборка из 62 датчиков. В итоговой выборке, которая использовалась для проведения дальнейшего анализа, вышло: 35 датчиков сети AirMQ (28 датчиков ни разу не прошли проверку в течении года), 18 датчиков сети gr5 (5 датчиков ни разу не прошли проверку в течении года) и 9 станций сети Белгидромета.

Нормированные температуры воздуха отображают то, насколько измерения датчика в рассматриваемый момент отличаются от среднеарифметического значения всех датчиков.

Стоит отметить, что картосхема нормированных температур, представленная на рисунке 5, представляют собой карту безразмерных величин, которые характеризуют степень отклонения измеряемой температуры воздуха от ее математического ожидания в исследуемом временном ряду, что позволяет учитывать изменения температуры в связи с влиянием различных времен суток и сезонов года на городской остров тепла.



Таким образом, из данных рисунка 5 можно заметить расположение городского острова тепла, локализованного в южной части города Минска по данным годовых наблюдений совокупностью в 62 датчика. При этом, отсутствие необходимого количества датчиков за пределами города не позволяет точно оценить границы распределения температурных отклонений на удалении более 5 км от внешних границ города в его южной и юго-западной частях. Наблюдаемое распределение нормированных температур может быть объяснено наличием различных локальных климатических зон внутри города, в рамках которых производилась регистрация температурных рядов, что напрямую связано с феноменом городского острова тепла.

Библиографические ссылки

1. *Oke T. R.* City size and the urban heat island // *Atmos. Environ.* 1973. № 7. P. 769–779.
2. *Basarin B., Lukić T., Matzarakis A.* Review of Biometeorology of Heatwaves and Warm Extremes in Europe // *Atmosphere*. 2020. Vol. 11. № 1276.
3. Конференция IOP 2023 г. Сер. *Earth Environ* / Х. Дж. Хаджер [и др.]
4. Архив погоды городских метеостанций г. Минска, [Электронный ресурс]. URL: <https://tp5.by/> (дата обращения: 25.01.2023).
5. Архив портативных датчиков проекта AirMQ г. Минска, [Электронный ресурс]. URL: <https://airmq.by/> (дата обращения: 09.01.2023).

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВАХ ОБЪЕКТА НЕФТЕПРОМЫСЛА МЫСА КАЗАНТИП РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

И. Е. Алексеева, А. М. Бессонова

Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, г. Санкт-Петербург

Установлены закономерности распространения нефтепродуктов в почвах мыса Казантип. Точки наблюдения с более высокими значениями содержания нефтепродуктов наблюдаются вблизи промышленных объектов нефтегазовой компании, а также вблизи центральной дороги, пересекающей территорию котловины.

Ключевые слова: нефтепродукты; мыс Казантип; пространственный анализ; река Нина.

REGULARITIES OF DISTRIBUTION OF PETROLEUM PRODUCTS IN SOILS OF THE OIL FIELD FACILITY OF CAPE KAZANTIP, REPUBLIC OF CRIMEA

I. E. Alekseeva, A. M. Bessonova

St. Petersburg State University, Russia, St. Petersburg

The patterns of distribution of petroleum products in the soils of Cape Kazantip have been established. Observation points with higher contents of naphtha products are observed near the industrial facilities of the oil and gas company, as well as near the central road crossing the territory of the basin.

Keywords: petroleum products; Cape Kazantip; spatial analysis; Nina River.

В настоящее время на территории мыса Казантип производится добыча нефти, что, предположительно, может оказывать влияние на территорию Казантипского заповедника, прилегающего к котловине мыса.

Цель работы – установить закономерности распространения нефтепродуктов в почвах мыса Казантип.

Методы исследования. Полевые работы заключались в отборе проб почвы для определения содержания в них нефтепродуктов (далее – НП). Пробы отбирались методом конверта согласно ГОСТ 17.4.4.02-2017. Анализ проб почвы на предмет содержания НП был проведен согласно методике ПНДФ 16.1:2.21-98 на Анализаторе жидкости Флюорат-02. Для построения карты-схемы использовалась программа QGIS 3.20.3.

При определении степени загрязненности почв НП и составлении шкалы содержания для представленной карты-схемы на рисунке 1 использовались данные Ю.И. Пиковского. Наибольшее содержание нефтепродуктов отмечено в понижении рельефа, вблизи временного водотока р. Нина.

Точки наблюдения с более высокими значениями содержания НП наблюдаются вблизи промышленных объектов нефтегазовой компании, а также вблизи центральной дороги, пересекающей территорию котловины.

В пределах территории исследования в трех точках наблюдения значение содержания НП свидетельствует о наличии загрязнения. Согласно шкале Пиковского, в одной точке наблюдения оно относится к умеренно опасному загрязнению, во второй – к опасному и в третьей – к очень сильному уровню загрязнения.

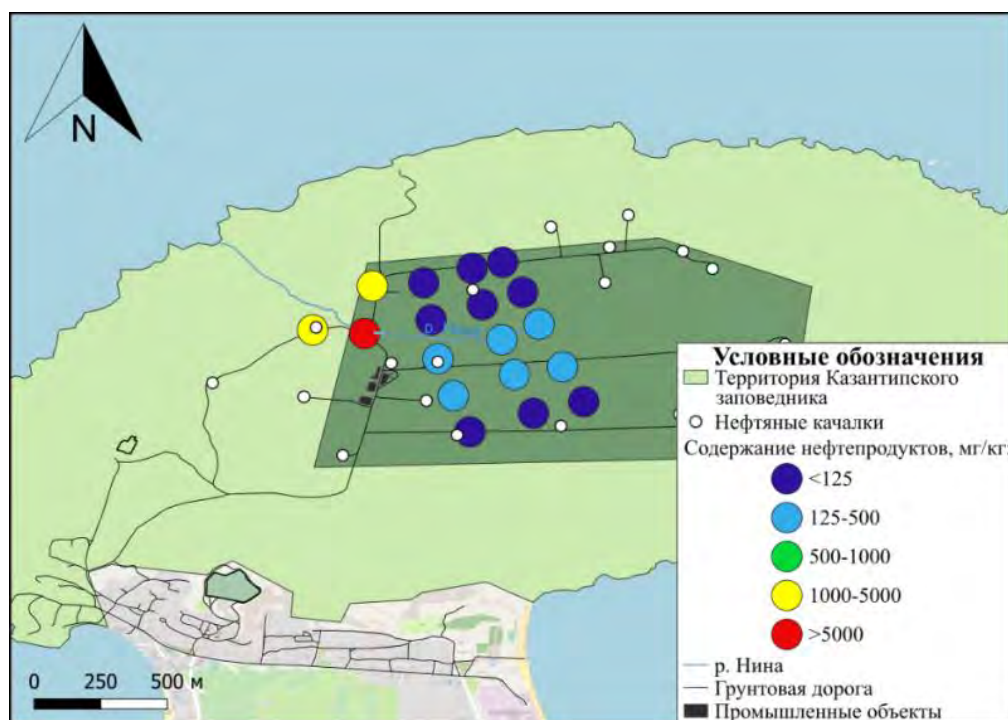


Рис. 1. Карта-схема пространственного распределения содержания нефтепродуктов в почвах исследуемой территории

Одна из точек наблюдения с содержанием нефтепродуктов в почве в пределах от 1000 до 5000 мг/кг находится в пределах границ заповедника. В связи с вышеизложенным актуальным является вопрос об установлении границ заповедника.

Библиографические ссылки

1. Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЗЕРНЫХ КОТЛОВИН ОЗЕР НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СЕБЕЖСКИЙ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ГИС

В. Р. Хохряков

ФГБУ «Национальный парк «Себежский», г. Себеж, Россия.

Исследования проводились на системе озер (Себежское, Ороно, Витятерево, Глыбочно, Белое, Озерявки, Нечерица) национального парка «Себежский» для батиметрического картографирования дна исследуемых водоемов, определения основных параметров котловин озер.

Ключевые слова: национальный парк «Себежский», батиметрия, морфометрия дна.

DETERMINATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE LAKE BASINS OF THE LAKES OF SEBEZHISKY NATIONAL PARK USING GIS SOFTWARE

V. R. Khokhryakov

FSBU "National Park "Sebezhsy", Sebez, Russia.

Research was conducted on the system of lakes (Sebezhszko, Orono, Vityaterevo, Hlybochno, Beloe, Ozeryavki, Necheritsa) of the "Sebezhsy" national park for bathymetric mapping of the bottom of the studied reservoirs, determination of the main parameters of the lake basins.

Keywords: Sebezhsy National Park, bathymetry, bottom morphometry.

Исследования проводились на системе 7 озер, соединенных системой рек в единую сеть (Себежское, Ороно, Витятерево, Глыбочно, Белое, Озерявки, Нечерица) национального парка «Себежский», который располагается на юго-западе Псковской области на границе с Беларусью и Латвией [1].

Цель работы: провести батиметрическое картографирование дна исследуемых водоемов, построить карты-схемы глубин, вычислить основные параметры котловин озер.

Батиметрическое картографирование проводилось с моторной лодки с использованием однолучевого эхолота GARMIN Fichfander 400C, получение данных геопространственной привязка точек измерения глубин и контроль параллельности треков съемки проводилась с использованием навигатора GARMIN GPSMAP 66sr в составе аппаратно-программный комплекс «РЕКОД-ЭХОЛОТ», разработанного ОАО НПК «РЕКОД».

Таблица 1

Основные параметры озерных котловин

Озеро	Площадь, га		Глубина, м		Макс. длина, км.	Макс. ширина, км.	Площадь водо- сбора, км ²	Объем воды, млн м ³	Кoeffи- циент извил. берего- вой ли- нии	Средний уклон между изобат	Длина бе- реговой ли- нии, км
	вод- ного зер- кала, га	всего с остро- вами	макс.	сред- няя							
Себеж- ское	11578,9	11595,9	110,8	55,05	7,6	3,40	128,0	79,70	1,96	0,01	27,77
Ороно	5568,2	5567,2	110,8	66,28	5,0	1,91	162,90	35,67	1,80	0,02	15,20
Витяте- рево	1154, 0	1154,0	116,8	88,18	1,9	1,26	262,50	12,60	1,31	0,04	5,77
Глыбочно	660,1	660,1	88,5	55,85	1,1	0,88	265,50	3,56	2,31	0,05	6,39
Белое	4441,3	4441,3	-	110,05	2,6	2,60	297,5	44,36	1,54	0,02	11,49
Озерявки	992,4	992,1	66,20	22,83	3,4	0,72	301,50	2,60	2,97	0,04	10,10
Нечерица	11552,2	11552,2	113,6	44,06	8,5	3,10	369,00	62,99	2,11	0,01	29,48

Обработка материалов съемки и построение картосхем проводилась путем интерполяции точек глубин с использованием СПО аппаратно-программный комплексов «РЕКОД-ЭХОЛОТ-ОБРАБОТКА». Доработка полученных растров батиметрических картосхем озер (рис. 1), сглаживание изолиний и цветная раскраска проводилось с использованием графического редактора CorelDraw в ручном режиме. В программной среде ГИС–Нева произведена оцифровка изобат и расчет длин изолиний и площадей между соответствующими изобатами, вычисление основных параметров котловин исследуемых озер.

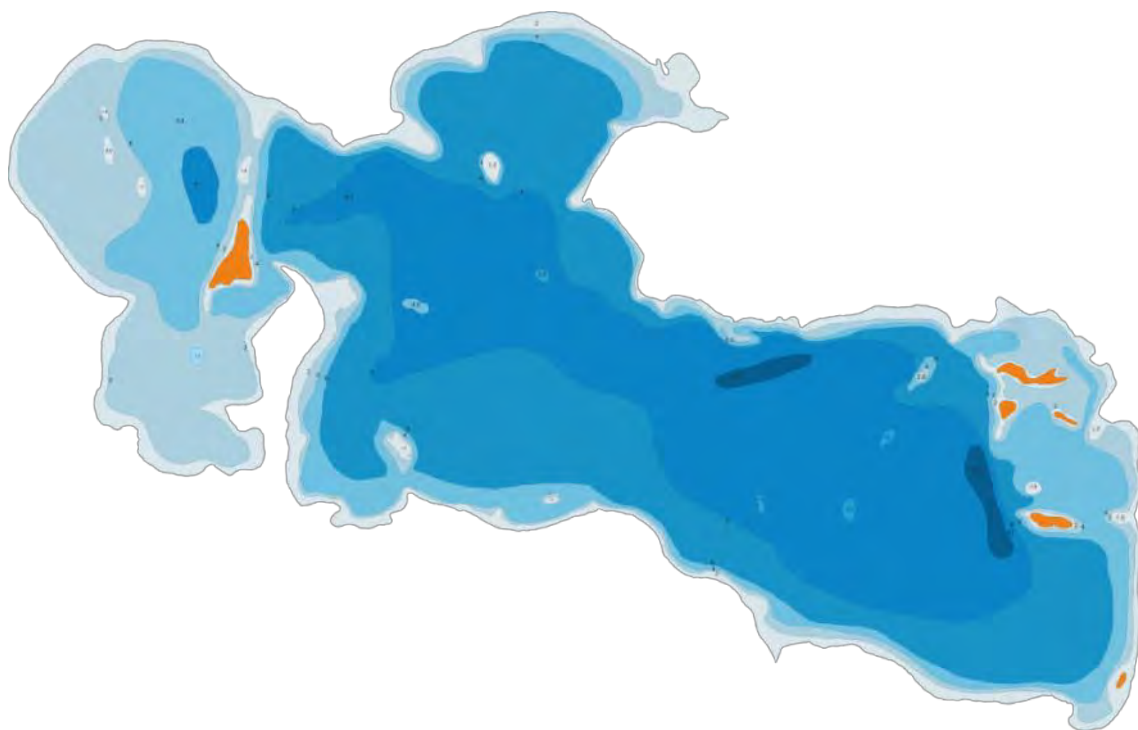


Рис. 1. Батиметрическая карта оз. Себежское

В результате проведенных работ впервые построены карты-схемы 7 основных озер национального парка «Себежский», определены максимальные и средние глубины, параметры котловин и произведен расчет объемов воды (табл. 1).

На основе проведенного картографирования озер Себежское, Ороно, Белое и Озерявки нами была заложена сеть мониторинга и схема для отбора донных осадков с целью исследования геохимического загрязнения, проведенного в зимний и летний периоды 2022–2023 гг. совместно с сотрудниками СпбГУ. Получены первые результаты исследований (рис. 1).

На основе данных по глубинам и распределением в пространстве основных форм рельефа озер заложена сеть для контрольных отловов и

начаты исследования ихтиофауны данных озер национального парка. Данные основных характеристик озер будут использованы для оценки продукционных свойств экосистем исследуемых водоемов и для разработки рекомендаций по сохранению и рациональному использованию экосистем национального парка.

На основе мониторинга прозрачности воды исследуемых озер и расчетов параметров котловин озер нами в ПО ГИС-НЕВА произведен расчет объема эвфотического слоя (табл. 2).

Таблица 2

Основные параметры эвфотического слоя исследованных озер

Название озера	Площадь водного зеркала, га	Глубина, м		Средняя прозрачность в период цветения, м	Глубина эвфотического слоя, м	Объем воды эвфотического слоя, млн м ³
		Макс	Средняя			
Себежское	1582,00	10,8	6,2	1,27	2,54	21,997
Белое	468,00	26,40	10,0	2,78	5,56	27,254
Озерявки	96,50	6,20	2,9	2,31	4,62	2,710
Нечерица	1278,00	13,6	4,5	1,68	3,36	41,334

Библиографический список

1. Завершены работы по батиметрическому картографированию дна ряда озер национального парка «Себежский» [Электронный ресурс] / В. Р. Хохряков // Национальный парк «Себежский». URL: https://seb-park.ru/press/news/?ELEMENT_ID=316 (дата обращения: 07.05.2023).

КЛАССИФИКАЦИЯ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ СНИМКОВ SENTINEL-2 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SVM

Б. Чжао

Кафедра почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики БГУ, г. Минск, ул. Ленинградская 16

В этой статье используются данные изображений Sentinel-2 в сочетании с данными наземной съемки для изучения использования модели SVM для классификации сельскохозяйственных культур в Ждановичском районе Беларуси. Сначала мы выполнили предварительную обработку изображения, включая такие этапы, как геометрическая коррекция, атмосферная коррекция и повторная выборка пикселей, а затем извлекли признаки изображения для классификации. И анализировать характеристики сельскохозяйственных культур на основе временного ряда NDVI. В классификации модели SVM мы выбираем ядро радиальной базисной функции (RBF) в качестве функции ядра и выполняем настройку параметров посредством перекрестной проверки. Результаты показывают, что модель SVM может эффективно классифицировать сельхозугодья Ждановича, а точность распознавания достигает 95 %.

Ключевые слова: Sentinel-2; классификация культур; Временные ряды; НДВИ; Модель SVM.

RESEARCH ON CROP CLASSIFICATION BASED ON SENTINEL-2 IMAGE USING SVM

B. Zhao

Department of Soil Science and Geoinformation Systems, Faculty of Geography and Geoinformatics, BSU, Minsk, ul. Leningradskaya 16

This paper uses Sentinel-2 image data, combined with ground survey data, to study the use of SVM model to classify crops in the Zhdanovich region of Belarus. First, we performed image preprocessing, including steps such as geometric correction, atmospheric correction, and pixel resampling, and then extracted image features for classification. And analyze the characteristics of crops based on the time series NDVI. In the SVM model classification, we choose the radial basis function kernel (RBF) as the kernel function, and perform parameter tuning through cross-validation. The results show that the SVM model can effectively classify Zhdanovich farmland, and the recognition accuracy is as high as 95 %.

Keywords: Sentinel-2 image; crop classification; time series; NDVI; SVM model.

В последние годы, с непрерывным развитием технологий дистанционного зондирования, изображения дистанционной съемки широко ис-

пользуются в области сельского хозяйства. Классификация культур является одним из важных сценариев применения. В данной работе изучается метод классификации посевов по снимкам Sentinel-2, а в качестве объекта исследования берется посевная площадь агрокомбината Ждановичи в Дзержинском районе Беларуси.

Мы собирали изображения Sentinel-2 Ждановичского района Беларуси в течение 2017 года и использовали программное обеспечение ENVI для предварительной обработки изображений, включая геометрическую коррекцию, атмосферную коррекцию и передискретизацию пикселей. Затем была определена область исследования, и участки получения урожая сельскохозяйственных культур. Результаты предварительной обработки, следующие (рис. 1).

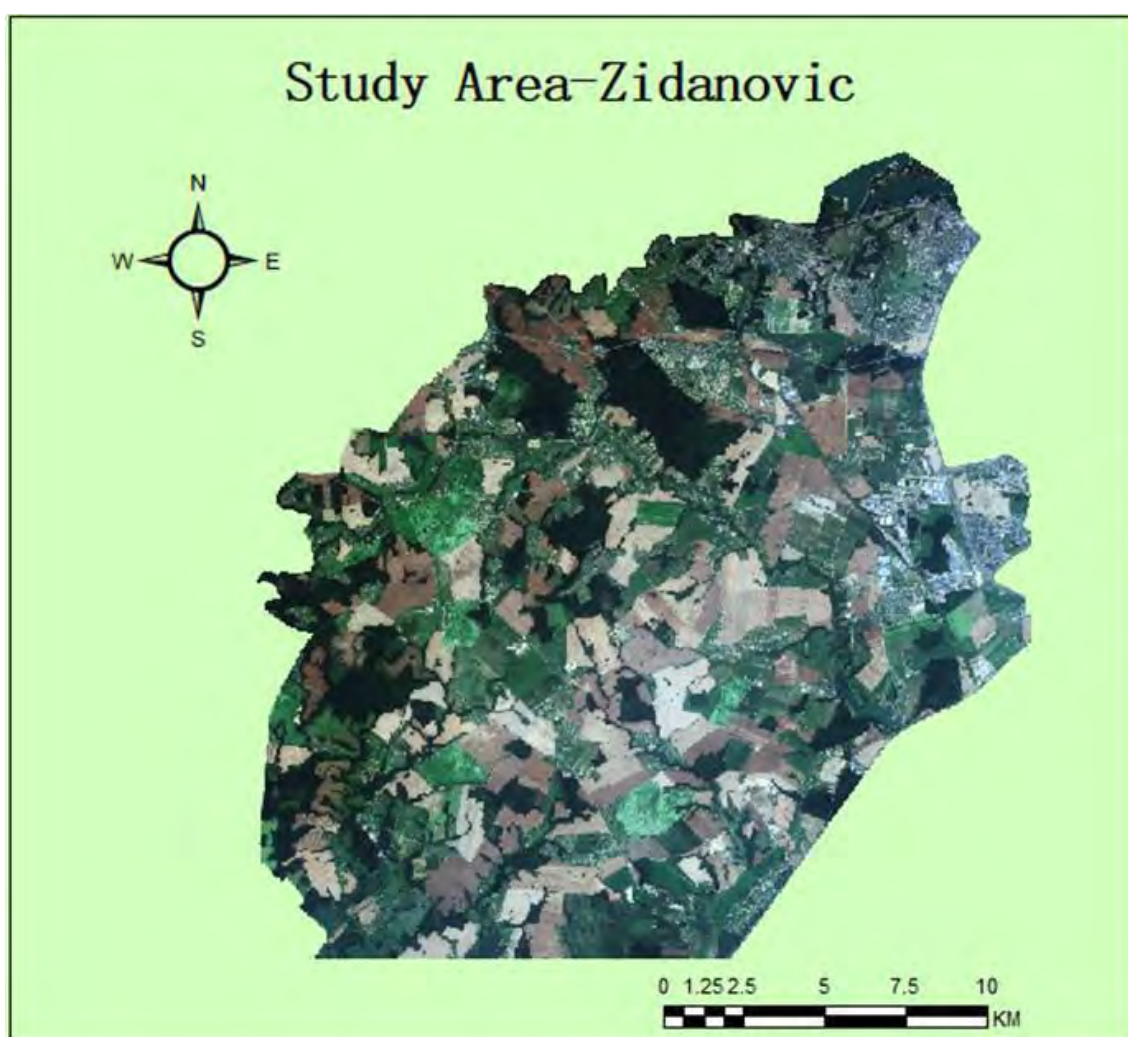


Рис. 1. Область исследования

Нормализованный разностный индекс растительности (NDVI) дает количественную оценку растительности путем измерения разницы между ближним инфракрасным светом (который сильно отражается растительностью) и красным светом (который поглощается растительностью). NDVI всегда находится в диапазоне от -1 до +1. Но четких границ для каждого типа наземного покрова нет. Когда значение отрицательное, это, скорее всего, водный объект. С другой стороны, если значение NDVI ближе к +1, это, скорее всего, густая зеленая листва растительности. Однако, когда NDVI близок к нулю, зеленых листьев нет и, возможно, даже урбанизированных территорий 20.

Нормализованный разностный индекс растительности (NDVI) использует в своей формуле как ближний инфракрасный, так и красный канал. Посредством последовательного анализа NDVI можно лучше выделить классификационные характеристики различных культур, кривая NDVI показана на рисунке ниже:

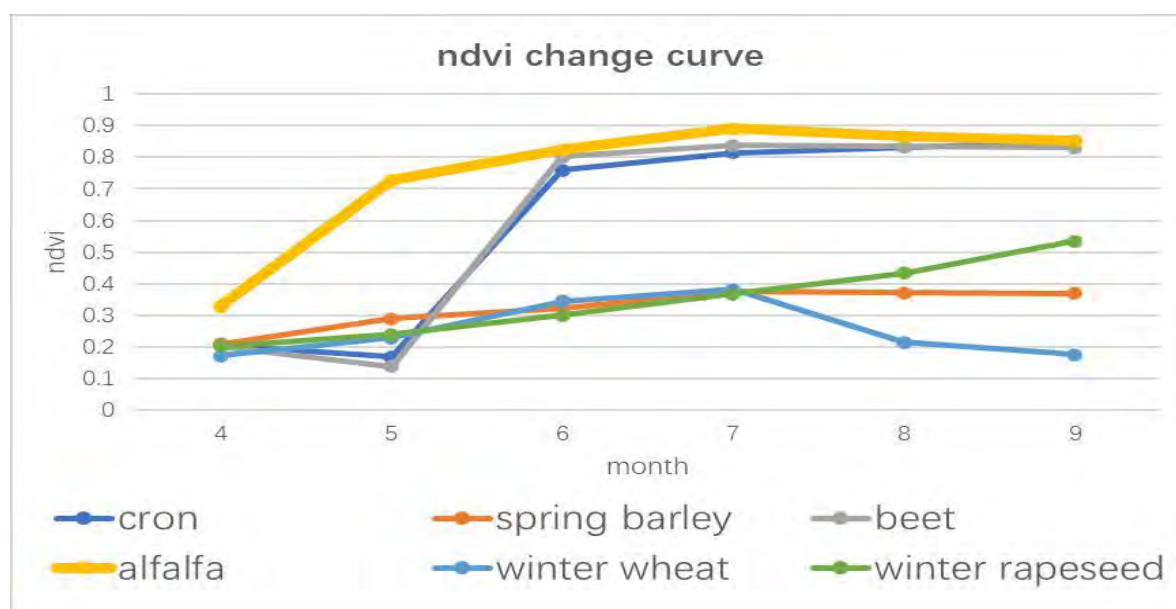


Рис. 2. График изменения NDVI

Поскольку основным исследовательским содержанием этой статьи являются сельскохозяйственные культуры, контролируемая классификация сельскохозяйственных культур в экспериментальной зоне устранил влияние других факторов на результаты классификации, что может значительно повысить точность классификации. В сочетании с характеристиками испытательного участка и на основе анализа кривых временных рядов NDVI для типичных культур и, наконец, с использованием метода

классификации SVM точность классификации культур может быть значительно улучшена.

SVM – это дискриминативный классификатор, определяемый гиперплоскостью классификации. То есть, учитывая набор размеченных обучающих выборок, алгоритм выведет оптимальную гиперплоскость для классификации новых выборок (тестовых выборок). Как показано на рисунке ниже, видно, что существует несколько прямых линий, разделяющих два типа координат. Мы можем интуитивно определить следующее правило: если сегментированная линия находится слишком близко к координатным точкам, она не оптимальна. Потому что она будет чувствительна к шуму и не сможет правильно обобщить результаты классификации. Поэтому наша цель – найти разделительную линию, максимально удаленную от всех точек выборки. Алгоритм SVM заключается в поиске гиперплоскости, причем расстояние от нее до ближайшей обучающей выборки должно быть наибольшим. То есть оптимальная гиперплоскость сегментации максимизирует границы обучающей выборки.

Алгоритм SVM обладает хорошей вычислительной эффективностью, надежностью и статистической стабильностью. Классификатор SVM отличается простотой, стабильностью и высокой точностью классификации и может решать такие проблемы классификации, как многомерность, небольшой размер выборки и неопределенность.

В программном обеспечении ENVI функция ядра радиального базиса SVM используется в качестве функции ядра классификации, и эффект классификации является лучшим при условии штрафного коэффициента $c = 100$ и $\gamma = 0,25$.

Через NDVI на основе временных рядов алгоритм SVM используется для классификации изображения, и окончательный результат вывода выглядит следующим образом (рис. 3).

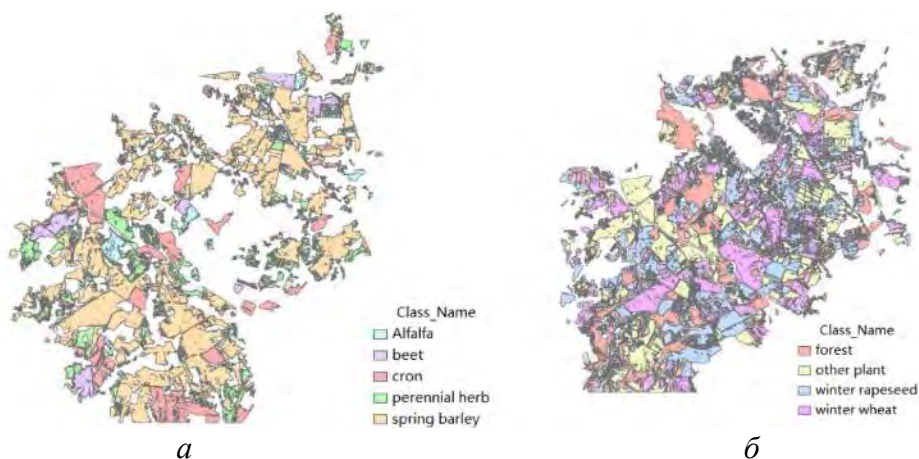


Рис. 3. Карта распределения урожая в 2017 г.: а – весной; б – осенью

Сравнительная таблица до и после окончательной классификации и обработки выглядит следующим образом (рис. 4-5).

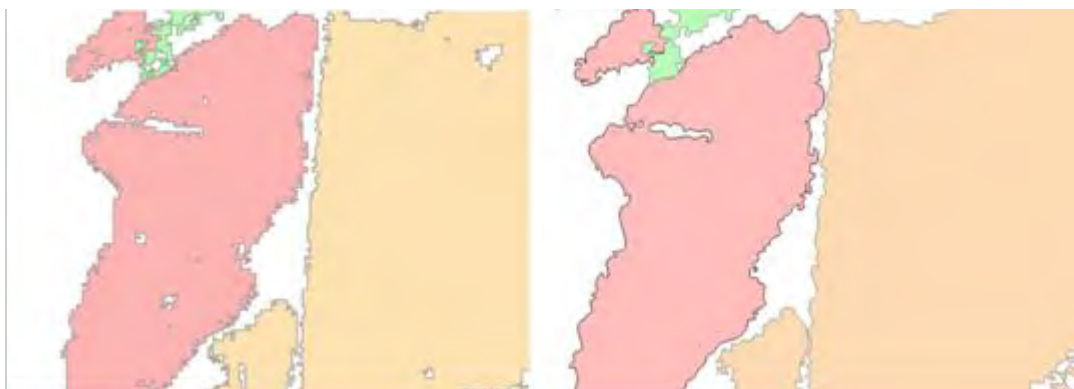
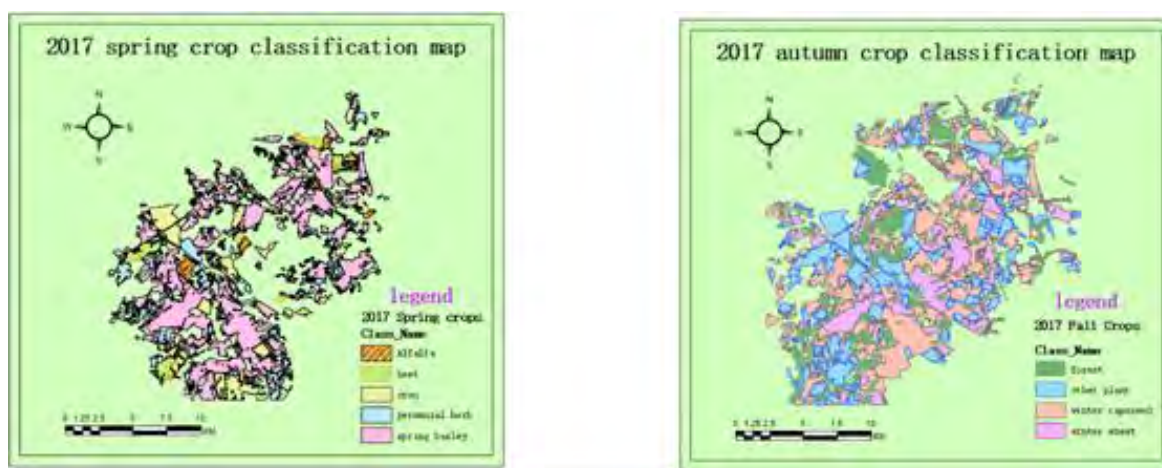


Рис. 4. До обработки

Рис. 5. После обработки

После классификации и постобработки устраняются небольшие пятна и дыры изображения, а также значительно оптимизируются сбои по контурам объектов. Окончательная сгенерированная тематическая карта выглядит следующим образом (рис. 6).



а

б

Рис. 6. Карта классификации культур 2017 г.:
а – весной; б – осенью

Результаты таблицы точности показывают, что общая точность классификации на основе пикселей составляет более 97 % с использованием данных временного ряда NDVI и алгоритма контролируемой классификации SVM, этого достаточно, чтобы доказать, что экспериментальная модель является более точной, чем традиционная контролируемая классификация сельскохозяйственных культур.

Таблица 1

Анализ точности классификации

Сорт	Автоклассификация, %	Пользовательская классификация, %	Автоклассификация, %, пиксели	Пользовательская классификация, пиксели
Кукуруза	98.68	100.00	1274/1291	1274/1274
Свекла	99.69	100.00	13682/13725	13682/13682
Люцерна	96.57	96.02	15188/15727	15188/15818
Сады	97.38	97.39	9435/9689	9435/9688
Многолетние травы	95.11	95.85	17934/18857	17934/18710
Яровой ячмень	99.67	99.52	26813/26902	26813/26941
Лесные земли	99.7	100	25335/25412	25335/25335
Земли под застройкой	99.62	96.61	4960/4979	4960/5134
Озимая пшеница	95.46	99	40214/42125	40214/40622
Озимый рапс	96.51	92.2	30000/31084	30000/32537

Общая точность = (114621/116582) 98,3179%

Коэффициент Каппа = 0,9798

Как указано выше, традиционная контролируемая классификация имеет общую точность классификации около 80 %. Благодаря анализу NDVI на основе временных рядов в сочетании с характеристиками алгоритма SVM точность классификации сельскохозяйственных культур значительно улучшена. Влияние неблагоприятных факторов на границе контуров объектов классификации в основном устраняется за счет постобработки. Результаты показали, что данные результатов классификации на основе изображений дистанционного зондирования имеют очень высокую согласованность с данными полевых испытаний в агрокомбинате «Ждановичи», что полностью соответствует требованиям точности. Результаты показывают, что модель SVM может эффективно классифицировать различные типы культур, повышать уровень точного управления в растениеводстве сельского хозяйства, и ожидается, что она будет популяризирована и применена в реальном производстве.

Библиографические ссылки

1. Liu Y., Lu D. Основные тенденции и региональные эффекты реструктуризации сельского хозяйства в Китае // Географический журнал. 2003. № 3. С. 381-389.
2. Wang W., Guo L. Сельскохозяйственные большие данные и их перспективы применения // Журнал сельскохозяйственных наук Цзянсу. 2015. Т. 43, № 9. С. 1-5.

3. *Chen Y., Li X.* Пространственные и временные паттерны и факторы изменения урожайности зерна в Китае // Журнал сельскохозяйственной инженерии. 2013. Т. 29, № 20. С. 1-10.
4. *Song X., Hu Q.* Исследование направления развития картографирования пространственного распределения сельскохозяйственных культур на основе дистанционного зондирования // Ресурсы и зонирование сельского хозяйства в Китае. 2020. Т. 41, № 6. С. 57-65.
5. *Son N. T., Chen C. F., Chen C. R.* Классификация многоцветных данных Sentinel-2 для мониторинга методов выращивания риса на полеводческом уровне в Тайване // Прогрессивные исследования космического пространства. 2019. Т. 65, № 8. С. 1910-1921.
6. *Yu W., Xu K., Zhao P.* Влияние спектральных сегментов красного края изображений Sentinel-2 на определение доминирующих видов деревьев в регионах с разными периодами роста [J]. География и геоинформационная наука. 2021. Т. 37, № 3, С. 42-49.
7. *Guo Y., Liu Y., Xu M.* Моделирование и анализ индекса красного края для оценки индекса площади листьев растительности // Измерение и картография. 2021. Т. 46, № 1. С. 93-98.
8. *Xu Q., Yang G., Long H.* Выявление сельскохозяйственных культур в провинции Шаньдун на основе анализа фенологических данных многолетних временных рядов // Интеллектуальная автоматика и мягкие вычисления. 2013. Т. 19, № 4. С. 513-523.
9. *Gu X., Han L., Wang J.* Оценка площади посева кукурузы с использованием низкого и среднего разрешений метода вейвлет-слияния дистанционного зондирования // Журнал сельскохозяйственной инженерии. 2012. Т. 28, № 3. С. 203-209.
10. *Mark E. J., David R. L., Jude H. K.* Идентификация культур с использованием гармонического анализа временных рядов данных NDVI AVHRR // Компьютеры и электроника в сельском хозяйстве. 2002. Т. 37. С. 127-139.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬЕФА И ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Д. С. Михасько, М. В. Воробей, А. Л. Киндеев

Кафедра почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики БГУ, г. Минск, ул. Ленинградская 16, email: AKindeev@tut.by

Целью данной работы является применение геостатистических методов для анализа пространственного распределения влажности пахотного почвенного покрова, а также поиск корреляций между морфометрией рельефа и данными показателями. Были отобраны образцы почв и проведены лабораторные измерения влажности. С использованием геостатистических методов были проведены расчеты, такие как вариограммный анализ и картирование влажности почвы.

Ключевые слова: геостатистический анализ, влажность почв, морфометрические показатели рельефа, точное земледелие, вариограммный анализ.

SPATIAL CORRELATION OF MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF RELIEF AND SOIL MOISTURE USING GEOSTATISTICAL ANALYSIS METHODS

D. S. Mikhasko, M. V. Vorobey, A. L. Kindeev

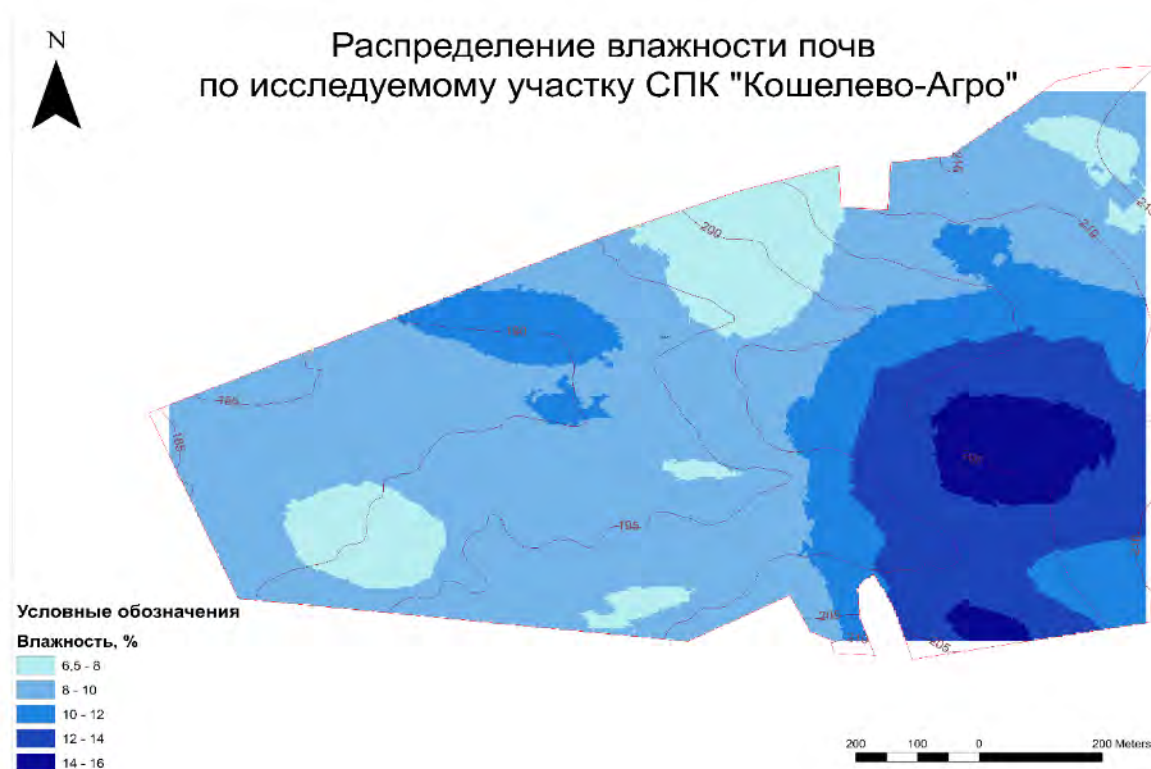
Department of Soil Science and Geoinformation Systems, Faculty of Geography and Geoinformatics, BSU, Minsk, ul. Leningradskaya 16, email: AKindeev@tut.by

The purpose of this work is to apply geostatistical methods to analyze the spatial distribution of moisture content of arable soil cover, as well as to search for correlations between relief morphometry and these indicators. Soil samples were collected and laboratory moisture measurements were carried out. Calculations such as variogram analysis and soil moisture mapping were carried out using geostatistical methods.

Keywords: geostatistical analysis, soil moisture, morphometric relief properties, precision agriculture, variogram analysis.

На современном этапе развития цифровой почвенной картографии (ЦПК) происходит объединение прямых и косвенных методов изучения почвенного покрова и его свойств, а также активное использование машинного обучения для прогностического почвенного картографирования [2]. Особое внимание уделяется геостатистическому анализу неоднородности отдельных свойств почвы, который является основным инструментом прямых методов картографирования почвенного покрова.

Цель данного исследования – установление корреляции между морфометрическими характеристиками рельефа и показателями влажности почв. В качестве исходных материалов использовались образцы почв СПК «Кошелево-Агро» Новогрудского района. Почвы на исследуемом участке дерново-подзолистые, преимущественно супесчаные, среднее содержание гумуса составляет 2%. Образцы отбирались в сентябре 2023 года по заданным точкам, заранее созданным в среде ГИС через каждые 70 метров, после чего были обработаны в лабораторных условиях для установления показателей влажности. Пространственное положение образцов на исследуемом участке определялось по данным GPS при помощи приложения Locus Map. Всего было отобрано 229 образцов с участка площадью 120 га.



Смоделированная картограмма влажности

В качестве показателя морфометрии была выбрана крутизна склона. Крутизна склона определяет скорость потоков, перемещающихся вдоль земной поверхности под действием гравитации. Данный показатель контролирует влажность почвы следующим образом: чем круче склон, тем больше его площадь (на единицу площади карты), и, следовательно: а) тем меньше осадков приходится на единицу площади склона, б) тем больше осадков не впитывается в почву и стекает вниз, и в) тем больше площадь для испарения [1].

Моделирование показателей влажности почв (рисунок) происходило при помощи метода геостатического кригинга. Лучшим вариантом при вариограммном анализе [3] стало использование двух моделей: экспоненциальной и J-Бесселя. Использование данных значений обусловлено большим диапазоном значений влажности почвенного покрова на исследуемом участке: минимальный показатель – 4,0%; максимальный – 22,9%.

При расчёте корреляции между морфометрическими показателями рельефа и значениями влажности почв была выявлена следующая особенность участка: данные показатели практически не коррелируют между собой, распределение влажности является хаотичным. Полученный коэффициент корреляции – -0,1. Анализируя полученные показатели, была выдвинута следующая теория: в следствие лёгкого гранулометрического состава почв исследуемого участка, а также склонового характера рельефа как на участке, так и за его пределами, влажность почв на данной территории не зависит от характера рельефа и его показателей. Влага не задерживается на исследуемом участке, а уходит вниз по профилю, после чего латерально перемещается вниз по склону за пределы участка. В подтверждении данной теории можно отметить, что ниже по склону располагается оросительный канал.

Библиографические ссылки

1. Клебанович Н. В., Дамшевич А. Ч. Установление в среде ГИС закономерностей влияния морфометрических характеристик рельефа на влажности почв // ГИС-технологии в науках о земле. 2016. С. 51-56.

2. Червань А. Н., Киндеев А. Л. Современные направления географии почв и почвенного картографирования // Плодородие почв – основа продовольственной безопасности государства: Материалы VI съезда Белорусского общества почвоведов и агрохимиков, Минск, 21 июля 2022 г. / Институт почвоведения и агрохимии, Белорусское общество почвоведов и агрохимиков; редкол.: Ю. К. Шашко [и др.]. Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. С. 340-343.

3. Киндеев А. Л. Стохастическое моделирование кислотности почв // Сборник материалов участников XVIII Большого географического фестиваля, посвящённого 150-летию со дня рождения российского кругосветного путешественника, исследователя Дальнего Востока В. К. Арсеньева (1872-1930 гг.), 80-летию со дня рождения российского эконом-географа, заведующего кафедрой экономической и социальной географии СПбГУ А. А. Анохина (1942-2021 гг.) и 100-летию со дня рождения выдающегося географа-ландшафтоведа, основоположника экологической географии А. Г. Исаченко (1922-2018 гг.) [Электронное издание]. Санкт-Петербург: Свое издательство, 2022. С. 517-521.

ОЦЕНКА ГОРОДСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ ПО ДАННЫМ СПОРТИВНЫХ ТРЕКЕРОВ (НА ПРИМЕРЕ ЗЕЛЕННЫХ ЗОН МИНСКА)

И. А. Ледян, А. А. Рауш, А. А. Сазонов

Кафедра почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики БГУ, г. Минск, ул. Ленинградская 16, email: soilgis.bsu@gmail.com

В ходе работы был проведён пространственный анализ городской мобильности города Минска по данным интернет-сервиса для отслеживания физических упражнений Strava, а также анализ сопутствующей инфраструктуры с предложениями по дальнейшему развитию.

Ключевые слова: городская мобильность; пространственный анализ; данные спортивных трекеров; strava

EVALUATION OF URBAN MOBILITY ACCORDING TO THE DATA OF SPORTS TRACKERS (ON THE EXAMPLE OF THE GREEN ZONES OF MINSK)

I. A. Ledyan, A. A. Rausch, A. A. Sazonau

Department of Soil Science and Geoinformation Systems of the Faculty of Geography and geoinformatics BSU, Minsk, str. Leningradskaya 16, email: soilgis.bsu@gmail.com

In the course of the work, a spatial analysis of the urban mobility of the city of Minsk was carried out according to the data of the Strava Internet service for tracking physical exercises, as well as an analysis of the accompanying infrastructure with proposals for further development.

Keywords: urban mobility; spatial analysis; sports tracker data; strava

В последнее время городская среда старается быть достаточно удобной для занятий спортом на улице. Для отслеживания статистики и общего поведения жителей города, занимающихся спортом, можно использовать геоданные различных трекеров для более детального анализа с предложением последующих решений.

Strava [1] – это популярное приложение для отслеживания физической активности, которое позволяет пользователям записывать и анализировать свои тренировки, а также сравнивать их с другими спортсменами. Данные Strava могут быть использованы для аналитики в разных целях,

например, для изучения привычек и предпочтений пользователей, для оптимизации маршрутов и планирования инфраструктуры, для оценки эффективности и безопасности тренировок, для выявления тенденций и аномалий в поведении пользователей и т.д. Strava предоставляет доступ к своим данным через API, а также публикует ежегодные отчеты о глобальной активности своих пользователей.

Нами была использована тепловая карта Strava. Цвет карты был преобразован в шкалу оттенков серого от 0 до 225, где 0 – отсутствие треков и 225 – максимальное количество треков.

Оценка активности пользователей сервиса в городе Минске проводилась в несколько этапов. Первоначально необходимо проанализировать, где именно бегают пользователи для выявления особых зон, на которые стоит обратить внимание при обустройстве инфраструктуры. Территория города Минск нами была поделена на четыре типа земель, где чаще всего бегают жители: лесная, спортивных объектов, парковая зона, а также зона дорог общего пользования.

В процентном соотношении преобладает зона дорог общего пользования – 70,1%, далее идут лесные зоны, парковые и в итоге спортивные (15,7%, 12,8% и 1,4% соответственно). На рисунке 1 отражено распределение беговых треков в лесной зоне города Минска.

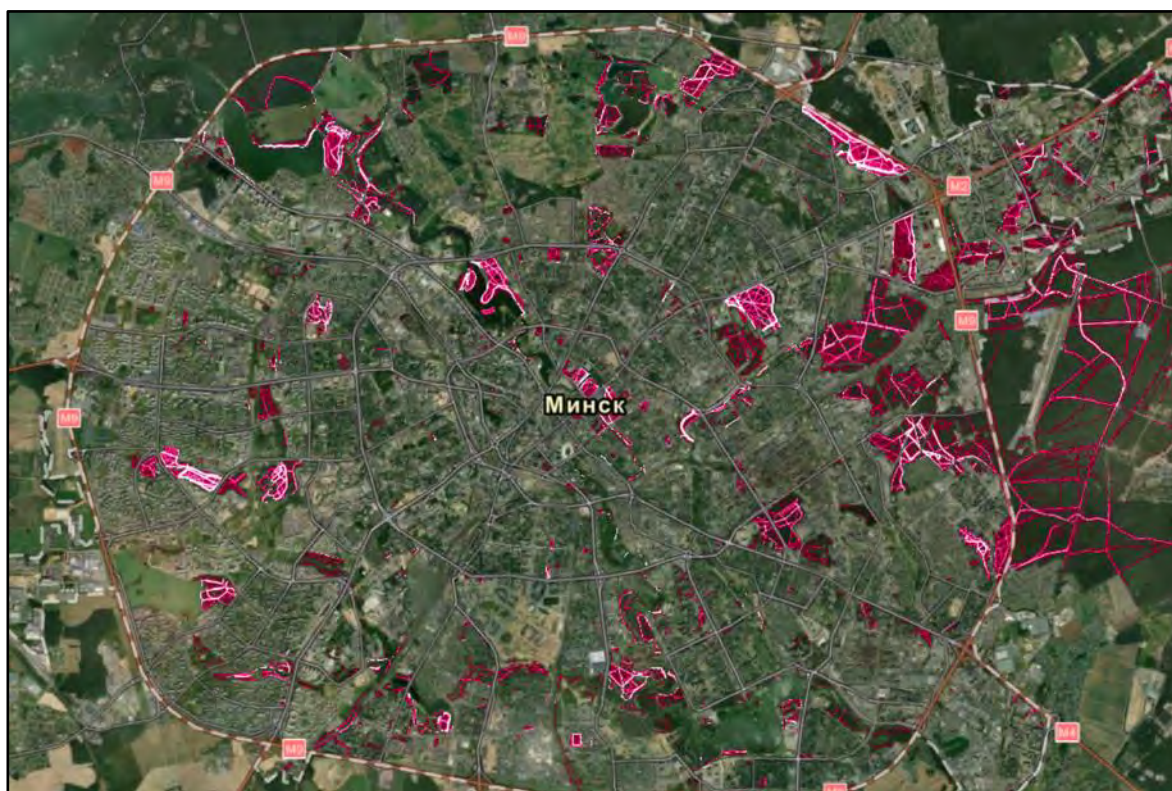


Рис. 1. Плотность беговых треков в лесной зоне

Следующим объектом изучения была взаимосвязь административного деления и количества треков гор и их соотношение с инфраструктурой по данным районам. Данные по инфраструктуре были взяты с OpenStreetMaps. Результаты анализа отражены в таблице.

Соотношение инфраструктуры и активности

Район	Процент треков	Процент инфраструктуры
Заводской	10,91%	5,82%
Партизанский	12,79%	6,25%
Первомайский	12,72%	9,94%
Ленинский	9,61%	14,91%
Советский	7,91%	12,64%
Центральный	14,41%	15,48%
Фрунзенский	14,19%	14,35%
Московский	11,02%	10,37%
Октябрьский	7,62%	10,23%

Одним из примеров с хорошим соотношений данных показателей можно назвать Московский район (рис. 2).

Московский район расположен в юго-западной части Минска и занимает 2879,2537 га., простираясь от площади Независимости до минской кольцевой автомобильной дороги в Брестском направлении. Такое географическое положение условно делит район на две части, одна из которых расположена в центре города и вобрала в себя множество объектов культуры, образования, торговли. Вторую часть можно отнести к спальной, это микрорайоны массовой жилой застройки и сопутствующих ей объектов социальной инфраструктуры [2]. Численность жителей района более 310 000 человек.

На территории района функционируют 42 спортивные придомовые площадки, 6 стационарных бассейнов, 6 детско-юношеских спортивных

школ и спортивных детско-юношеских школ олимпийского резерва по таким видам спорта как фигурное катание, плавание, спортивная гимнастика и акробатика, спортивные единоборства, стрелковый спорт, игровые виды спорта, республиканский центр олимпийской подготовки БГУ по футболу [2].

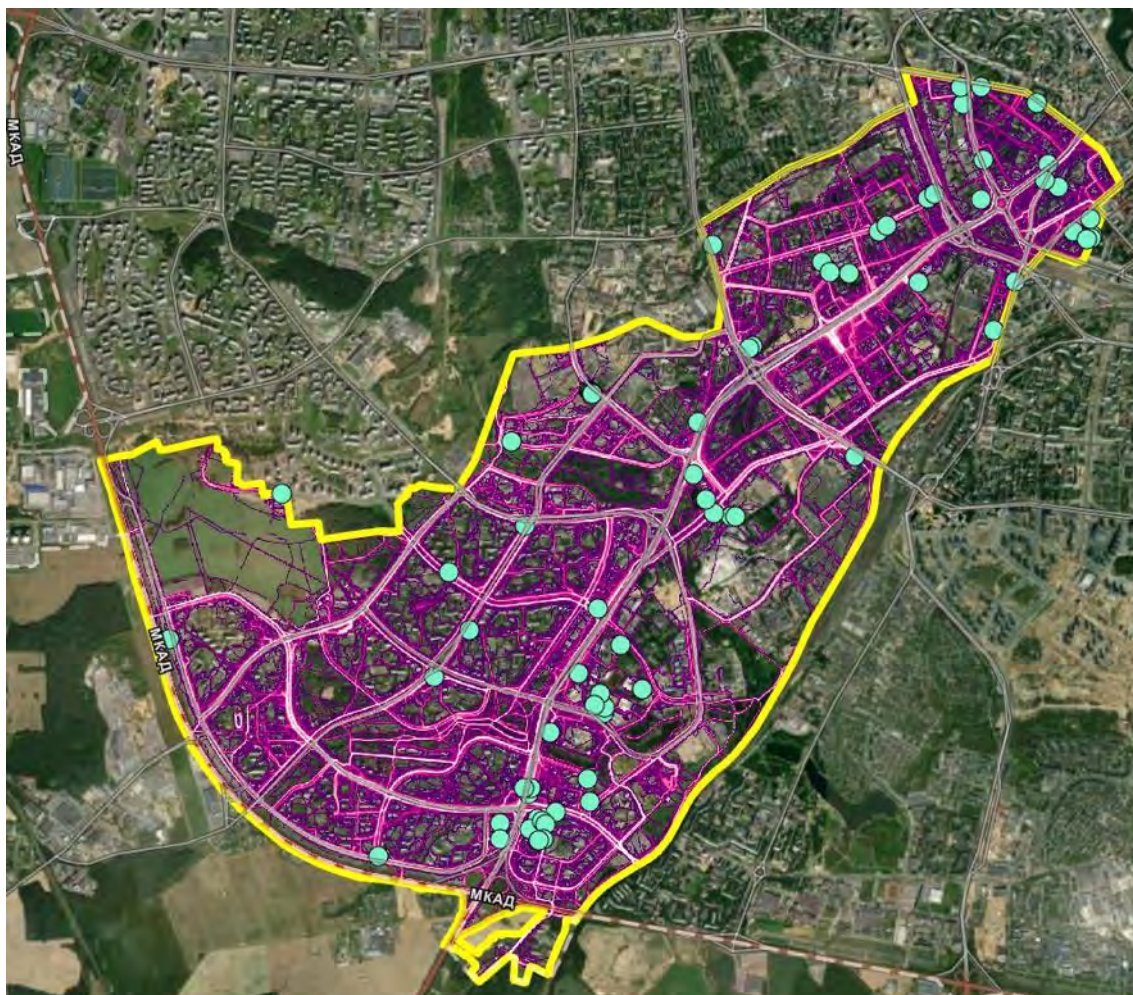


Рис. 2. Велосипедная активность и инфраструктура Московского района

Так же при помощи данных тепловой карты сервиса Strava можно отследить активность в некоторых местах, где езда на велосипеде запрещена. Например, таких как лыжероллерная трасса «Веснянка» (рис. 3) или Ботанический сад.

Лыжероллерная трасса в Веснянке круглый год пользуется популярностью у минчан и гостей столицы. Она проходит вокруг комплекса футбольных полей на территории футбольного клуба "Минск". Протяженность маршрута – 5 км. Первая очередь комплекса сдана в эксплуатацию осенью 2002 года, вторая - через год. Средняя ширина дорожки - 4 м, в зимний период она увеличивается до 5 м [3].



Рис. 3. Велосипедная активность на лыжероллерной трассе

В результате анализа активностей в районе Слепянской водной системы (в частности, около микрорайона Серебрянка) были выявлены такие проблемы, как: недостаток инфраструктуры, отсутствие выделенных велодорожек, а также сегментированность самой Слепянской системы, что, в совокупности, ухудшает качество велосипедных маршрутов на территории Слепянской водной системы.

Протяжённость канала (Слепянской системы) в черте города – 22 км. Объём воды – 3,1 млн м³. Площадь зеркала – 122,4 га. Количество каскадов – 13. Головное сооружение – Цнянское водохранилище – начали заполнять в 1982 году. Слепянская система была закончена в 1985 году. Все каскады, каждый из которых имеет индивидуальный художественный образ, выполняют функции плотин, поддерживающих постоянный уровень воды в водоемах. Их конструкции (кроме функции пешеходных мостов) используются для прокладки инженерных коммуникаций и устройства донных выпусков для снижения уровня воды.

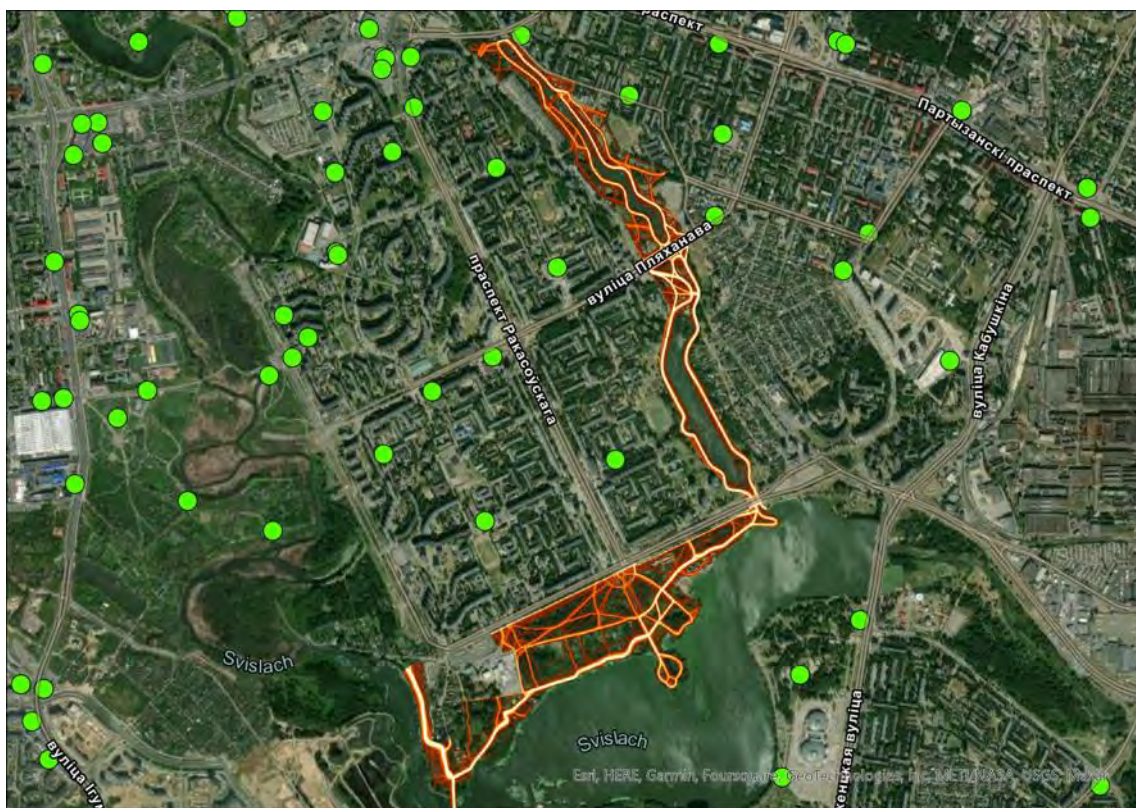


Рис. 4. Велосипедная активность и инфраструктура в районе Слепянской водной системы

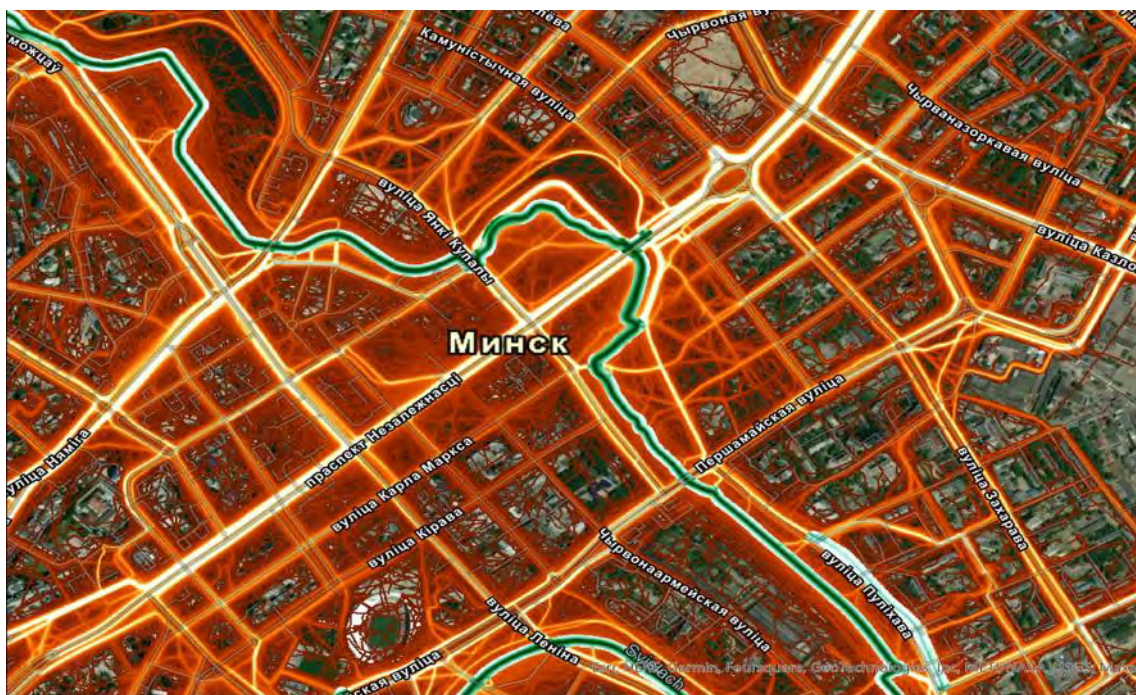


Рис. 5. Участок Минской велосипедной дороги

Противоположным же примером может послужить основная минская велосипедная дорога, располагающаяся вдоль р. Свислочь. Велодорожка открыта в 2009 году и проходит через весь город, ее протяженность 26,8 км, является частью водно-зеленого диаметра Минска. По мнению ряда белорусских и российских архитекторов водно-зеленый диаметр является уникальным градостроительным комплексом, «визитной карточкой» и «изюминкой» белорусской столицы. В настоящее время на водно-зелёном диаметре Минска возводятся различные постройки, что нарушает как первоначальное назначение водно-зелёного диаметра и целостность комплекса, так и саму концепцию создания единой водно-зелёной системы Минска.

На территории, прилегающей к велодорожке, имеется большое количество инфраструктуры; велодорожки выделены отдельно от пешеходной части, а вся велодорожка является целостной и в силу этого она и пользуется большой популярностью среди велосипедистов.

Таким образом, в работе показано, как данные сервиса Strava могут быть использованы для оценки активности горожан и выявления потенциальных мест для развития спортивной инфраструктуры.

Библиографические ссылки

1. Глобальная карта активности Strava [Электронный ресурс]. URL: <https://www.strava.com/heatmap#13.84/27.32121/53.93887/hot/all> (дата обращения: 12.11.2023).
2. Социально-экономический паспорт района [Электронный ресурс] / Администрация Московского района г. Минска. URL: <https://mosk.minsk.gov.by/svedeniya-o-rajone-new/sotsialno-ekonomicheskij-pasport-rajona> (дата обращения: 11.11.2023).
3. Лыжная трасса начинает работу в минском микрорайоне Веснянка [Электронный ресурс] // БелТА. URL: <https://www.belta.by/regions/view/lyzhnaja-trassa-nachinaet-rabotu-v-minskom-mikrorajone-vesnjanka-601956-2023/?ysclid=lq4vofcjag467951143> (дата обращения: 01.11.2023).

РАЗДЕЛ III ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ГИС-АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СВИСЛОЧСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ГПУ «НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

Н. В. Архипова, А. Л. Киндеев

Белорусский государственный университет, Республика Беларусь, г. Минск

В настоящее время для восполнения целей развития и ведения лесного хозяйства популярным и важным направлением стало использование ГИС-технологий, а точнее – создание и применения карт лесных хозяйств. Применение ГИС-технологий во многом упростило и улучшило работу с большим объемом материалов и увеличило качество обработки информации.

На основе данных ГНУ «Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси» была составлена серия карт для Свислочского лесничества ГПУ «Национального парка «Беловежская пушта»: план лесонасаждений, карта бонитетов, карта пожароопасности, карта запасов столовой древесины, карта ягодных угодий, а также карта растительности в масштабах 1:100000, 1:300000 и 1:2500000.

Проведена оценка изменения состояния растительного покрова и выявлены участки наиболее пострадавшие в результате воздействия различных антропогенных и природных факторов.

Леса Свислочского лесничества имеют бесспорное хозяйственное значение не только как источник получения древесины и ягод, но и как резерв для трансформации в продуктивные сельскохозяйственные угодья после их мелиорации. Кроме того, они являются хорошими накопителями влаги и оказывают воздействие на микроклимат, а также питают малые реки и ручьи. Поэтому при проведении мелиорации в широком плане это обязательно надо учитывать, т. е. вычленять особо ценные в гидрологическом отношении массивы и исключать их из хозяйственного пользования. Мелиорированные площади пригодны для выращивания ценных широколиственных пород.

В результате проведенного анализа было выявлено, что в Свислочском лесничестве ухудшение состояния растительного покрова связано преимущественно с вырубками леса, также основным негативным фактором воздействия являются лесные пожары. Значительные ухудшения растительного покрова вызваны в большей степени антропогенным вмешательством.

ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ МЯДЕЛЬСКОГО РАЙОНА С ПОМОЩЬЮ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Д. А. Буракова¹⁾, А. Н. Есипович²⁾, И. А. Шалковская³⁾

¹⁾ *Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь,
email: burakovadasha09@gmail.com*

²⁾ *Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь,
email: yesipovich.geo@gmail.com*

³⁾ *Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь,
email: innashalkovckay@gmail.com*

Развитие внутреннего туризма – это одно из приоритетных направлений социально-экономической политики Республики Беларусь.

В ходе исследования была проведена оценка доступности историко-культурных объектов Мядельского района с помощью использования сетевого ГИС-анализа.

Актуальность работы обусловлена нехваткой объективной информации о развитии туристической отрасли в Мядельском районе, а также отсутствием ГИС-исследований по развитию туризма в данном районе.

Развитие туризма на территории Мядельского района основывается преимущественно на имеющемся богатом туристском потенциале края. В районе расположено 55 историко-культурных объектов [1]. С помощью сетевого анализа рассмотрим ближайшие, наиболее выгодные сетевые маршруты.

Анализ ГИС-проекта показал, что большая часть историко-культурных объектов Мядельского района расположена в западной и центральной частях района, где выделяется несколько центров концентрации историко-культурных объектов. Таким образом, данные зоны обладают наиболее высоким историко-культурным потенциалом в районе. Вблизи озер Нарочь и Мястро обнаружена высокая концентрация историко-культурных объектов, что послужило основой для создания курортной зоны вокруг озера Нарочь.

Транспортная доступность напрямую зависит от дорожной инфраструктуры региона: транспортная доступность менее 15 минут составляет в районах, где вблизи объектов располагается автотрасса. Чем дальше от дороги расположен объект, тем больше времени будет затрачено на дорогу до него.

ПРИРОДНОЕ НАСЛЕДИЕ МЯДЕЛЬСКОГО РАЙОНА КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА

А. Е. Гончарова¹⁾, Д. В. Король²⁾

¹⁾ Белорусский Государственный Университет, г. Минск, Республика Беларусь,
email: nastua120503@mail.ru

²⁾ Белорусский Государственный Университет, г. Минск, Республика Беларусь,
email: keyrash1337@icloud.com

Мядельский район находится в Минской области Республики Беларусь и имеет богатую и интересную историю, культуру и природу.

Мядельский район богат природными объектами: в районе насчитывается 15 рек, 26 озёр, а также расположены различные парки и особо охраняемые природные территории. К природоохранным территориям региона относятся национальный парк «Нарочанский», 21 геологический памятник природы республиканского значения, 2 ботанических и 5 гидрологических памятников природы республиканского значения, а также 7 геологических и 6 ботанических памятников природы местного значения. Данный фактор обуславливает возможность развития туризма в регионе, в связи с тем, что наличие и состояние объектов природного наследия может сформировать туристский образ района.

Природный потенциал Мядельского района является одним из главных факторов развития туризма, потому что он: является важным средством для привлечения туристов, поскольку знакомство с природным наследием – это сильный побудительный туристский мотив; имеет большое значение в социальной сфере, выравнивая сезонные колебания и равномерно распределяя туристские потоки; создает благоприятный имидж региона, который способствует развитию туристской заинтересованности и экономической составляющей.

Природные объекты не только могут принести доходы региону, но и дают местному населению основание гордиться своим аутентичным наследием и предоставляют возможность делиться им с туристами. Кроме того, использование природного наследия в качестве туристического ресурса способствует сохранению биоразнообразия, находящегося под охраной в пределах природоохранных территорий.

При условии того, что правительство Республики Беларусь и местные власти сосредоточатся на развитии туризма и туристской инфраструктуры в Мядельском районе, представляя услуги, которые удовлетворяют желаниям и ожиданиям туристов, район сможет стать востребованным туристским краем, как для населения страны, так и для иностранных гостей.

РАЗЛИЧИЯ ПОЧВЕННО-ТИПОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП И КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

С. А. Казаченко, А. Л. Киндеев

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости 4, г. Минск,
email: stas.kazak9@mail.ru*

Почвенно-типологические группы представляют собой классификационную систему, основанную на физических и химических свойствах почв. Эти группы используются предприятием для определения наилучших методов управления различными лесными массивами.

Цель работы: исследовать почвенно-типологические группы сформированные одним из Лесхозов для исследования использовались данные одного из лесничеств «Оршанского Лесхоза». Для достижения цели поставлены следующие задачи: изучить сформированные почвенно-типологические группы, устранить несоответствия с классификациями, для этого использовалась почвенная карта Оршанского района масштабом 1:50000.

Актуальность анализа почвенно-типологических групп заключается в их способности обеспечить основу для устойчивого управления и использования почвенных ресурсов. Так можно адаптировать методы управления к конкретным потребностям каждого типа почвы.

В ходе работы были выявлены и исправлены расхождения в классификациях «Оршанского лесохозяйственного предприятия». Расхождение между почвенно-типологическими группами и почвенной картой масштаба 1:50000 в Оршанском лесхозе могло произойти по нескольким причинам. Одной из основных причин может быть отсутствие точной и актуальной информации о почвах в регионе.

Другой причиной могут быть различия в системах классификации, используемых предприятием, и в почвенной карте. Почвенно-типологические группы, используемые предприятием, возможно, не основывались на тех же критериях, что и почвенная карта масштаба 1:50000. Это может привести к расхождениям в классификации почв, что приведет к несоответствиям в практике управления. Используемые предприятием почвенно-типологические группы могли быть основаны на более мелком масштабе, чем тот, который мы использовали в работе.

Таким образом, несоответствие между почвенно-типологическими группами Оршанского лесхоза и почвенной картой масштаба 1:50000 является заметным, и их нужно было исправить, но в более крупном масштабе они являются не столь существенными для управления предприятием.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ NEXTGIS WEB В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

И. В. Ковалев

ООО «НекстГИС», Беларусь, г. Брест

В настоящее время ГИС и методы дистанционного зондирования (ДЗ) активно используются в изучении пространственно-временных аспектов взаимоотношений человека и окружающей среды. Применение ГИС в деятельности ООПТ улучшает качество управления и контроля за состоянием природных объектов, и повышает эффективность мероприятий по их охране и восстановлению.

Предпосылкой построения комплексных ГИС ООПТ на базе NextGIS Web можно назвать систему по объектам животного и растительного мира, внедренную в Департаменте экологии Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Система успешно решала задачи по каталогизации, пространственной визуализации и анализу данных о распространении охраняемых видов растительного и животного мира региона.

По мере расширения функциональных возможностей, NextGIS Web стала основой для формирования ряда комплексных ГИС. Комплексные ГИС на базе NextGIS Web решают следующие задачи: систематизация и визуализация тематических слоев; учет и картирование нарушений на территории заповедников и их охранных зон; позиционирование дежурных групп госинспекторов в области охраны окружающей среды и контроль их перемещений в онлайн-режиме; мониторинг пожаров; сбор данных о местах произрастания редких растений и учет местоположений точек встреч с охраняемыми видами животных.

NextGIS Web как комплексная ГИС успешно используется в Приокско-Террасном, Дагестанском, Даурском, Степном, Полистовском и Астраханском государственных заповедниках. В 2023 году NextGIS Web используется и обеспечивает функционирование комплексных ГИС в 8 ООПТ и 8 природоохранных организациях на территории России.

Преимущество использования NextGIS Web в деятельности ООПТ – это возможность построения полноценного инфраструктурного решения для управления пространственными данными. Для природоохранной отрасли и ООПТ это обеспечивается программным комплексом NextGIS Заповедник, центральным ядром которого выступает NextGIS Web. NextGIS Заповедник предоставляет следующие возможности: сбор данных с помощью мобильных устройств; персональный трекинг и мониторинг транспортных средств; работа с настольными и мобильными ГИС; бесшовная интеграция и взаимный обмен данными.

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ЗЕМЕЛЬ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ» С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

И. С. Князев

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь, ivanknyazev0509@gmail.com*

В исследовании была поставлена цель изучить пространственную структуру земельного фонда национального парка «Нарочанский» (НП «Нарочанский») по данным дистанционного зондирования. В пределах НП «Нарочанский» выделяются зоны: заповедная, регулируемого использования, рекреационная и хозяйственная. Структура земельного фонда в пределах каждой из этих зон имеет свои особенности.

Исследование было выполнено на основе космических снимков спутникового аппарата Sentinel-2A, имеющих в открытом доступе Геологической службы США (USGS). Обработка снимков была произведена в геоинформационной системе ArcGis Pro. 14 выделенных в Республике Беларусь видов земель сгруппированы в 6 видов (групп видов) земель по дешифровочным признакам. Залежные, нарушенные, неиспользуемые земли были исключены из анализа ввиду их отсутствия либо незначительной площади в пределах НП. Далее были выделены участки каждого вида (группы видов) земель (всего 118 полигонов) для тренировки моделей машинного обучения. Эталоном для создания полигонов и контроля точности дешифрирования был выбран слой Land ЗИС РБ.

Следующим этапом было обучение модели дешифрирования. Для повышения точности результатов было обучено три модели: произвольных деревьев с обучением; по методу максимального правдоподобия с обучением; опорных векторов с обучением. Оценка точности методов классификации позволила выделить метод опорных векторов как наиболее объективный. По группам видов земель лучше всего классификации поддаются земли под лесами и под водными объектами, это связано с однородностью этих объектов на снимке и очень близкими значениями пикселей. Хуже всего классификации поддаются земли под застройкой, так как они неоднородны, а значение пикселей сильно варьируют. Пахотные земли и луговые земли имеют схожие значения пикселей, в связи с этим модель их перемешивает.