

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ



**ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В  
НАУКАХ О ЗЕМЛЕ**

**Материалы конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов  
УВО Республики Беларусь, проведенного в рамках празднования  
Международного Дня ГИС 2017**

Минск, 15 ноября 2017 г.

Ответственный редактор  
Н. В. Жуковская

МИНСК  
2017

Редакционная коллегия:

кандидат географических наук Н. В. Жуковская (отв. редактор),  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор Н. В. Клебанович,  
доктор географических наук, профессор Н. К. Чертко,  
кандидат географических наук, доцент Д. М. Курлович,  
кандидат географических наук, доцент Н. В. Ковальчик,  
кандидат географических наук, доцент А. А. Карпиченко,  
кандидат географических наук, доцент Л. И. Смыкович,  
О. М. Ковалевская, А. С. Семенюк, А. А. Сазонов

Рецензенты:

кандидат географических наук, доцент А. А. Топаз,  
кандидат геолого-минералогических наук, доцент В. Э. Кутырло.

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. – 123 с.

Представлены научные работы, принимавшие участие в конкурсе ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь, проведенном в рамках празднования Международного Дня ГИС 2017 на географическом факультете Белорусского государственного университета.

Сборник представляет интерес для широкого круга специалистов по геоинформационным технологиям, географов, гидрометеорологов, экологов, геологов, студентов географических и геологических специальностей.

ÓБелорусский государственный университет, 2017  
ÓКоллектив авторов, 2017

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ДЕНЬ ГИС 2017 В БГУ

**Н. В. Жуковская**

к.г.н., руководитель СНИЛ ГИС географического факультета БГУ

15 ноября 2017 года преподаватели и студенты факультетов географической направленности УВО Республики Беларусь, а также ведущие специалисты по геоинформационным технологиям Республики Беларусь участвовали в мероприятиях, посвященных Международному дню географических информационных систем (ГИС). День ГИС проводился уже 17-й раз на географическом факультете Белгосуниверситета и 19-й раз в мире. Организатором данного мероприятия являлась **межкафедральная студенческая научно-исследовательская ГИС-лаборатория географического факультета (СНИЛ ГИС)**.

Формат Дня ГИС заключался в проведении конкурса ГИС-проектов студентов и аспирантов УВО Республики Беларусь и встрече студентов с ведущими ГИС-специалистами нашей страны. Мероприятие в этом году посетили сотрудники Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь, ГП «Национальное кадастровое агентство», РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси, РУП «Белкартография», РУП «Белгеодезия», РУП «Минское городское агентство по государственной регистрации и земельному кадастру», РУП «Минское областное агентство по государственной регистрации и земельному кадастру», РУП «БелПСХАГИ», УП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси, РУП «НПЦ по геологии», КУП «Минскводоканал» и др. Была проведена выставка картографо-геодезического оборудования.

Конкурсантов оценивало экспертное жюри, в составе: начальник управления картографии РУП «Белгеодезия» *Наталья Петровна Бабура*, редактор РУП «Белкартография» *Ирина Ивановна Шилай*, научный сотрудник УП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси *Вячеслав Александрович Сипач*, доцент кафедры почвоведения и земельных информационных систем географического факультета БГУ *Наталья Викторовна Жуковская*, доцент кафедры геодезии и фотограмметрии землеустроительного факультета БГСХА *Павел Владимирович Другаков*, старший преподаватель кафедры геодезии и геоинформационных систем Полоцкого государственного университета *Петр Федорович Парадня*.

Всего в конкурсе было представлено более 25 геоинформационных проектов. Их авторами стали студенты и аспиранты географического и военного факультетов БГУ, а также ФПМИ, инженерно-строительного факультета ПГУ, географического факультета БрГУ им. А.С. Пушкина, биологического факультета ВГУ им. П.М. Машерова, землеустроительного факультета БГСХА, лесоустроительного факультета БГТУ.

В номинации **«Применение географических информационных систем (ГИС) в научных исследованиях»** *дипломом I-й степени* отмечена работа студента географического факультета БГУ «Производство аэрофотосъемки с использованием беспилотных летательных аппаратов для создания цифровых моделей рельефа». Победителем признан пятикурсник кафедры геодезии и картографии Григорий Черняков. *Диплома II-й степени* была удостоена студентка

четвертого курса кафедры геодезии и геоинформационных систем ПГУ Анастасия Клепча за ГИС-проект «Выявление зон транспортной доступности служб МЧС города Могилева с использованием ГИС-технологий». *Диплом III-й степени* получил третьекурсник кафедры лесоустройства БГТУ Дмитрий Джига. Он представил работу «Изучение пространственной структуры сосняков мшистых с использованием ГИС».

В номинации «**Применение ГИС-технологий в исследованиях прикладного характера**» победу праздновали студент четвертого курса кафедры почвоведения и земельных информационных систем географического факультета БГУ Максим Циунель и магистрант кафедры компьютерных технологий и систем ФПМИ БГУ Евгений Полячок. *Диплома I-й степени* они были удостоены за ГИС-проект «Привязка данных GPS-устройств к моделируемой транспортной сети для сбора исходных материалов при выполнении задач экологического мониторинга». *Диплом II-й степени* получил пятикурсник кафедры геодезии и картографии географического факультета БГУ Александр Лукашик за ГИС-проект «Создание и анализ цифровых моделей рельефа при помощи систем автоматизированного проектирования и геоинформационных систем». *Дипломом III-й степени* были поощрены аспирант кафедры почвоведения и земельных информационных систем географического факультета БГУ Нина Литвинко и магистрант той же кафедры Максим Максимов, представившие ГИС-проект «Оценка шумленности приаэродромной территории Гомельского аэропорта средствами ГИС». *Специальным дипломом жюри* была отмечена учащаяся ГУО «Гимназия № 38 г. Минска» Ульяна Козак, представившая ГИС-проект «География доступности и обеспеченности услугами общественного транспорта населения г. Минска».

В номинации «**Создание ГИС информационно-справочного и образовательного характера**» *дипломом I-й степени* отмечены студенты четвертого курса географического факультета БрГУ им. А.С. Пушкина Денис Тищук и Артур Бацкалевич за ГИС-проект «Разработка и создание городского веломаршрута «Brest Greenway» в среде ArcGIS Online». *Диплома II-й степени* была удостоена студентка третьего курса кафедры геодезии и геоинформационных систем ПГУ Алеся Кажан за ГИС-проект «GIS Cemetery». *Диплом III-й степени* получил третьекурсник кафедры экологии и охраны природы ВГУ им. П.М. Машерова Евгений Соколовский за ГИС-проект «Решение проблем совмещения картографической информации в рамках ГИС «Экология города Витебска».

Все лауреаты конкурса ГИС-проектов получили специальные призы от ЗАО Конструкторское бюро «Панорама» – ведущей российской компании в области разработки геоинформационных систем.

# ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

---

## ФОРМИРОВАНИЕ ШВЕДСКОГО СЕГМЕНТА ТОПОНИКОНА БЕЛАРУСИ В КОНТЕКСТЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ КУЛЬТУРЫ

**Е. К. Трыханкина**

студентка 4-го курса кафедры почвоведения и земельных информационных систем  
географического факультета Белорусского государственного университета

**А. Е. Яротов**

к.г.н., доцент, доцент кафедры физической географии мира и образовательных технологий  
географического факультета Белорусского государственного университета

Жизнь человека тесно связана с различными местами, которые обозначаются с помощью особых слов – географических названий, или топонимов. Целью работы являлось выяснение влияния шведской культуры на топонимы территории Беларуси. Для достижения этой цели были поставлены ряд задач: собрать и организовать имеющуюся в опубликованных источниках информацию о истории взаимодействия Швеции и Беларуси на различных временных отрезках, исследовать происхождение и местонахождение топонимов шведского происхождения, проанализировать районы с наибольшей плотностью распространения шведских топонимов.

Еще во времена великого переселения народов, на территории Беларуси находились предки современных шведов. Это были северные германцы, которые двигались вдоль рек Западная Двина, Днепр, Березина и Случь. Именно вдоль этих рек были обнаружены скопления явно неславянских ойконимов [1]. Расшифровка этих топонимов велась с помощью словаря древнеисландского языка, который считается классическим языком скандинавской расы. Кроме того, во внимание принимались лишь те ойконимы, которые лежали вдоль путей, образуя как бы цепочку, в то время как отдельные топонимы не принимались во внимание. При составлении карты территория Беларуси была поделена на квадраты 50 на 50 км и 25 на 25 км, и в каждом квадрате была рассчитана плотность топонимов (рисунок 1).

То, что предки шведов двигались вдоль рек, видно по карте плотности гидронимов, ведь именно они дали название таким рекам, как Западная Двина (от др. исл. Двина – слабеть, исчезать) (рисунок 2).

Какая-то часть топонимов могла появиться во времена действия пути «Из варяг в греки», ибо отчетливо видны скопления ойконимов вдоль этих путей (рисунок 3).

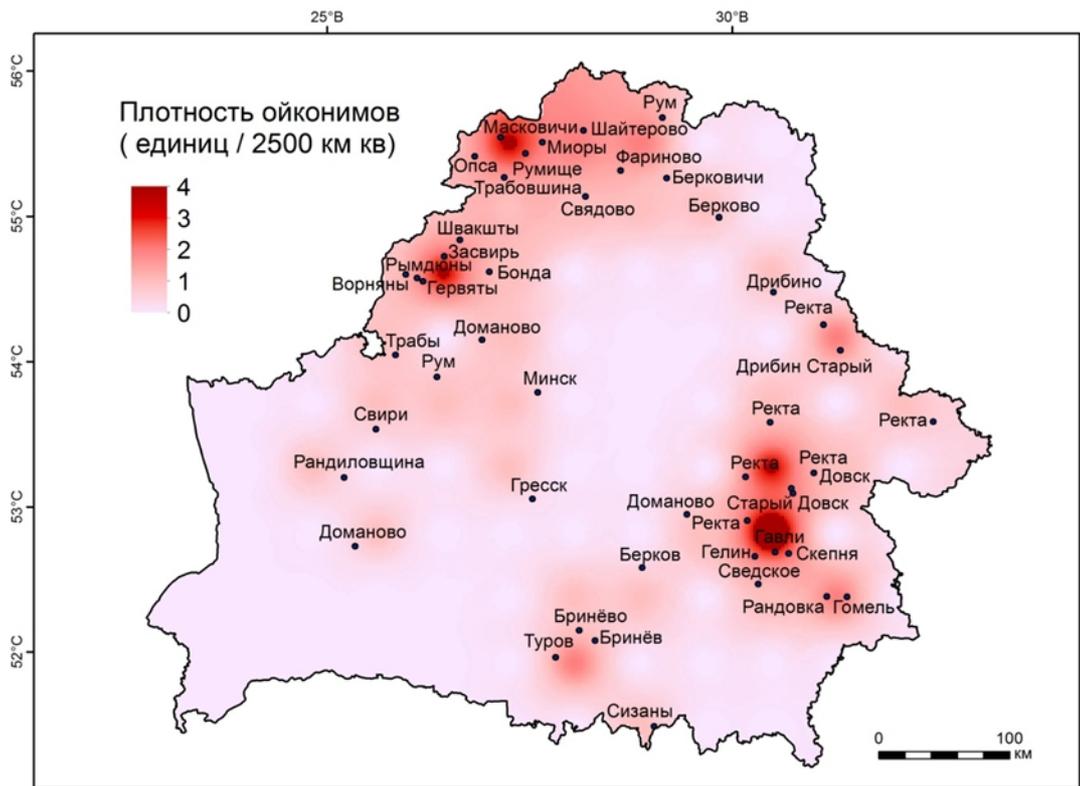


Рисунок 1 – Распространение ойконимов шведского происхождения в Беларуси

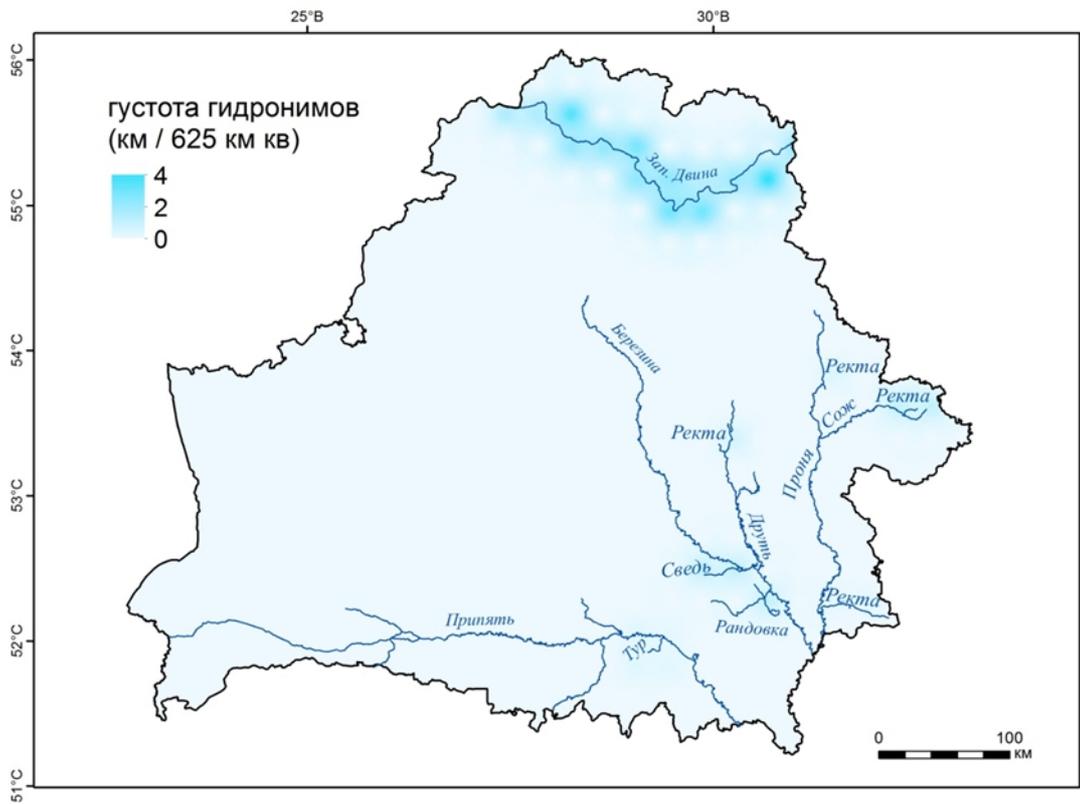


Рисунок 2 – Распространение гидронимов шведского происхождения в Беларуси



Рисунок 3 – Скопление ойконимов шведского происхождения вдоль пути «Из варяг в греки»

Значительный след в топонимии нашей территории оставила Северная война 1700–1721 годов. В то время территория современной Беларуси входила в состав Речи Посполитой. Дания, Россия и Саксония образовали союз в борьбе против возвышения Швеции в Европе и чтобы проложить себе выход к морю. На территории Речи Посполитой, которая в очередной раз стала ареной войны, происходили основные военные действия [2]. Среди топонимов, образованных за время военных действий, преобладают микротопонимы: названия курганов (Шведская гора), деревень (Шведы), полей (Шведово поле), дорог (Шведский путь), улиц, крестов, камней, старых оборонительных сооружений, частей леса (Сосны шведские). Некоторые названия образовались от имени Карла XII (рисунок 4).

В совокупности всех исторических фактов взаимодействия, можно отметить, что все топонимы шведского происхождения, находящиеся на территории Республики Беларусь, имеют исторические объяснения распространения и концентрации в тех или иных районах (рисунок 5).

Судя по скоплению топонимов вдоль рек Западная Двина, Днепр, Березина можно судить о том по какому пути передвигались предки современных шведов. Рогочевский, Жлобинский, Островецкий, Мядельский, Браславский, Миорский и Глубокский районы имеют наибольшую по республике концентрацию топонимов шведского происхождения, что объясняется прохождением через эти районы знаменитого пути «Из варяг в греки». Позже здесь же происходило укрепление некоторых значимых для викингов селений. Процесс взаимодействия славян и северных германцев, а позже и викингов, по своему географическому и хронологическому охвату, а также по историческим последствиям стал крупнейшим яв-



Скопление топонимов в центральных и восточных районах Беларуси отражает интенсивность шведского военного присутствия. Наибольшая плотность топонимов в Бельничском и Могилевском районах отражает самое значимое событие Северной войны – победу под деревней Лесная. Остальные же топонимы этого времени как бы разбросаны по территории, что показывает хаотичность иммиграции шведских солдат после поражения в Северной войне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рыдзевская, Е.А. Древняя Русь и Скандинавия / Е.А. Рыдзевская. – М.: Наука, 1978. – 200 с.
2. Рылюк, Г.Я. Истоки географических названий Беларуси (с основами общей топонимики) / Г.Я. Рылюк. – Минск : Веды, 1999. – 300 с.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОТОКОВ И ИХ БАССЕЙНОВ В СРЕДЕ ГИС ARCGIS НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ ДНЕПРА, ПРИПЯТИ И НЕМАНА**

**А. В. Наркевич, И. В. Данилюк, Р. С. Зеленковский**

студенты 4-го курса кафедры геодезии и фотограмметрии землеустроительного факультета  
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии

**Т. Н. Мыслыва**

д.с.-х.н., профессор, заведующая кафедрой геодезии и фотограмметрии землеустроительного  
факультета Белорусской государственной сельскохозяйственной академии

Современные геоинформационные системы имеют довольно широкий инструментарий для моделирования морфометрических параметров речных бассейнов на базе цифровых моделей рельефа [1]. К настоящему времени разработан широкий спектр подходов и соответствующих математических моделей для количественного описания гидрографических систем. Однако, довольно часто такие подходы не имеют универсального характера и ориентированы на моделирование конкретных речных бассейнов или отдельных процессов, формирующих сток [2]. Кроме того, зачастую алгоритмы моделирования не содержат элементов классификации речной сети, являющейся важной составляющей определения физических, гидрологических и гидрохимических характеристик того или иного участка водотока.

Целью работы стало создание универсальной модели геообработки данных, пригодной для построения гидрологической сети и водосборных бассейнов на основании ЦМР территории.

Исследования выполнялись с использованием приложения Model Builder, инструментов пространственного анализа (Spatial Analyst Tools) и гидрология (Hydrology) демо-версии проприетарной ГИС ArcGIS. В качестве исходных данных была использована цифровая модель рельефа, полученная с сайта SRTM Tile Grabber (рисунок 1). Цифровая модель рельефа представляет собой грид с размером ячейки 90 м и заявленной точностью не ниже 16 м. Данная модель была откорректирована с помощью инструмента «Заполнение» набора инструмен-

тов «Гидрология». Данный инструмент позволяет корректировать значения рельефа до тех пор, пока не заполнятся все локальные понижения в пределах территории исследований [2–3].

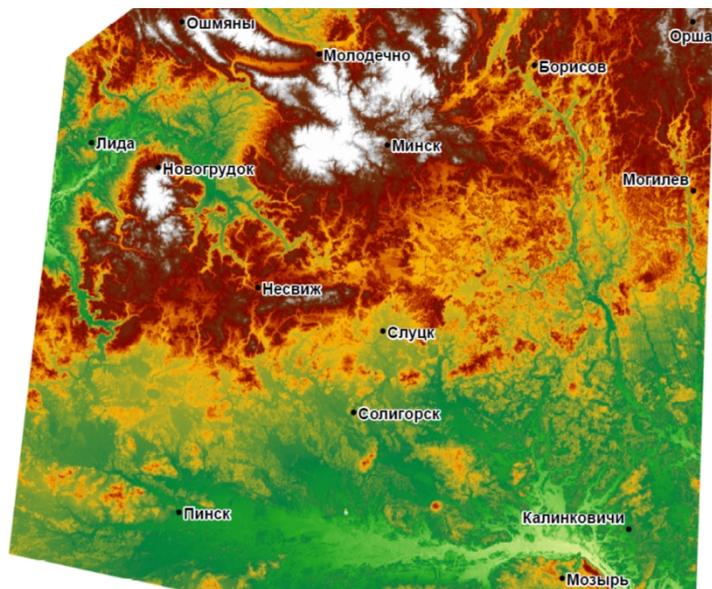


Рисунок 1 – Цифровая модель рельефа исследуемой территории

Нами был организован алгоритм расчета морфометрических показателей гидросети, который предусматривал выполнение следующих действий: 1) исправление ошибок ЦМР и заполнение некорректных понижений рельефа (инструмент «Заполнение»); 2) построение грида направления стока (инструмент «Направление стока»); 3) генерация постоянных и временных водотоков (инструмент «Суммарный сток»); 4) генерация водосборных бассейнов в формате растра (инструмент «Водосборная область»); 5) переформатирование водосборных бассейнов из растрового в векторный формат (шейп-файл полигонального класса пространственных объектов) (инструмент «Растр в полигоны»); 6) генерация речной сети в формате растра (инструмент «Водоток в пространственный объект»); 7) переформатирование речной сети из растрового в векторный формат (шейп-файл класса пространственных объектов «полилинии») (инструмент «Растр в линии»); 8) кодификация речной сети по Н. А. Ржаницыну (инструмент «Порядок водотоков»). В результате реализации алгоритма была построена универсальная модель, позволяющая моделировать систему водотоков и их бассейнов (рисунок 2).

После верификации работы модели, поиска ошибок и их устранения было выполнено моделирование речной сети и водосборной площади рек Днепр, Припять и Неман в пределах территории Республики Беларусь. В результате были получены векторные изображения водосборных бассейнов и речной сети (рисунок 3–4).

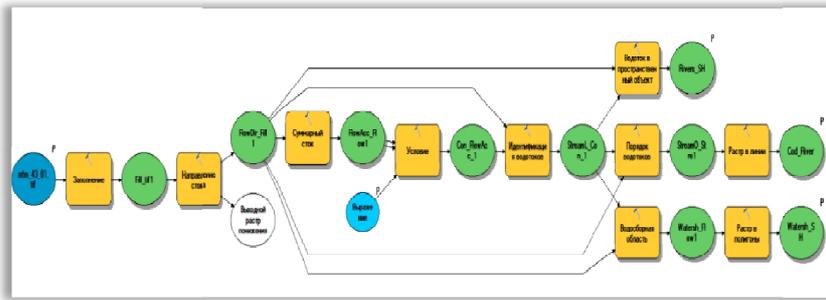


Рисунок 2 – Модель, позволяющая моделировать систему водотоков и их бассейнов, созданная с помощью приложения Model Builder (в модели синим цветом обозначены исходные данные, оранжевым – процессы, зеленым – результаты)

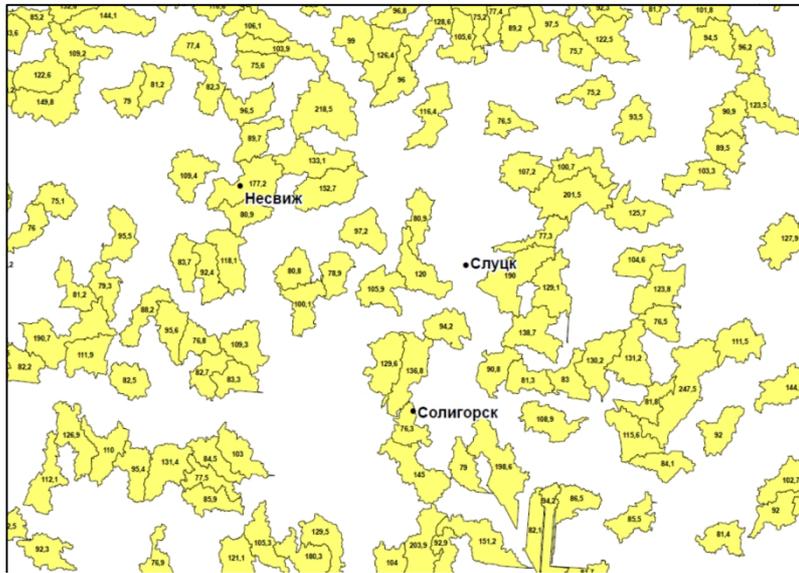


Рисунок 3 – Элемент созданного векторного изображения водосборных бассейнов площадью от 75 до 325 км<sup>2</sup>

Используя опцию «Вычислить геометрию», можно вычислить площадь любого объекта из атрибутивной таблицы в требуемых единицах измерения. В частности, по результатам реализации модели были идентифицированы 4 477 локальных водосборных бассейна, минимальная площадь идентифицированного бассейна составила 0,032 км<sup>2</sup>, максимальная – 324,62 км<sup>2</sup>.

По результатам моделирования было также идентифицировано 9 638 водотоков, минимальная длина которых составляет 0,053 км, а максимальная – 48,84 км (рисунок 4).

Существуют различные модели строения и классификации речных систем: монотонические (классификация Гравелюса), дихотомические (классификация Хортон), классификации Шейдеггера (для нумерации потоков используются только четные цифры), классификации Шрове, Бефани, Страхлера, Пфафстеттера и др. [3]. В основе всех моделей лежит принцип деления сети по ярусам или порядкам приточности. Руслу одного порядка имеют близкие гидравлические, гидрологические и морфометрические характеристики, которые взаимосвязаны между собой и отражают особенности водотоков данного порядка. В нашем случае была использована классификация Ржаницына, являющаяся переходной ме-

жду моно- и дихотомической, и наиболее полно отражающая системный принцип гидрологической структуры речной сети (рисунок 5).

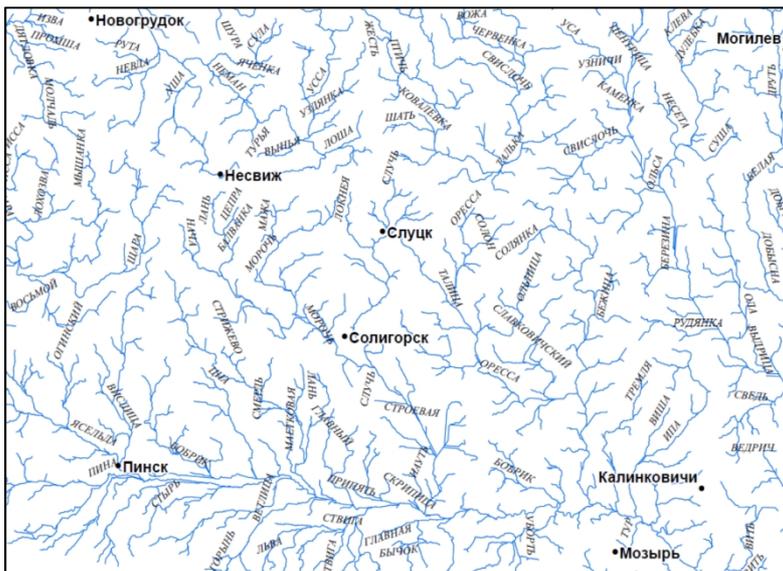


Рисунок 4 – Элемент созданного векторного изображения речной сети

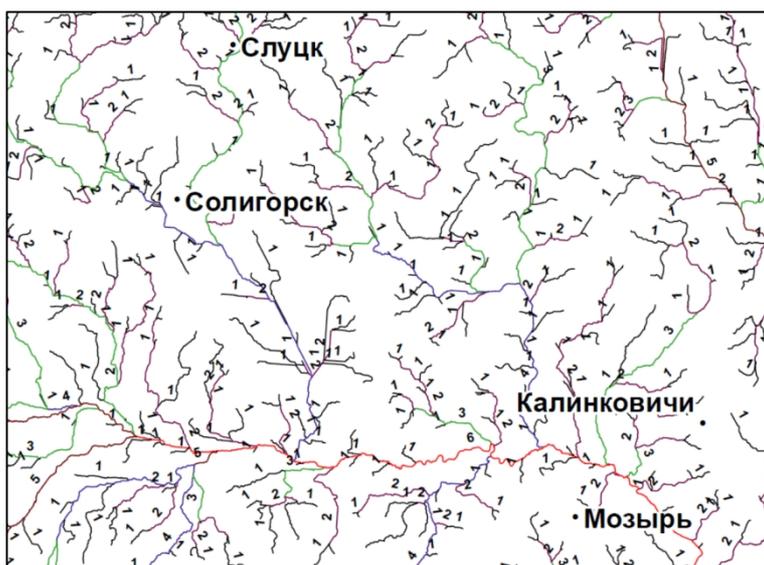


Рисунок 5 – Элемент созданного векторного изображения речной сети, кодифицированной по Н. А. Ржаницыну

В целом возможности современных GIS позволяют осуществлять комплексную оценку, моделирование и прогнозирование состояния речных бассейнов и могут с успехом использоваться при проектировании территорий и для принятия управляющих решений по охране земельных ресурсов и рациональному природопользованию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Использование ГИС-моделирования для оценки гидрологических процессов / Д. М. Курлович [и др.] // Вестник БГУ. Сер. 2. – 2013. – №2. – С. 75–80.

2. Кашавцева, А. Ю. Моделирование речных бассейнов средствами ArcGIS 9.3 / А. Ю. Кашавцева, В. Д. Шипулин // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. «Географическая». – 2011. – Том 24(63). – №3. – С. 85–92.

3. Кампос Седеньо, А. Структурный подход к оценке морфометрических характеристик бассейнов рек провинции Манаби (Эквадор) / А. Кампос Седеньо, Е. К. Синиченко, И. И. Грицук // Вестник РУДН. Сер. «Инженерные исследования». – 2015. – №1. – С. 52–61.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГУСТОТЫ ЭРОЗИОННОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ МИНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ)**

**Г. С. Лазовик**

студент 4-го курса кафедры геодезии и картографии географического факультета  
Белорусского государственного университета

**Е. В. Казяк**

старший преподаватель кафедры геодезии и картографии географического факультета  
Белорусского государственного университета

Исследования эрозионной сети имеют большое значение при изучении рельефа и имеют практическое приложение, как в сельском хозяйстве, так и в городском строительстве, поскольку результаты таких исследований используются для индикации эрозионно-опасных территорий и планирования работ по противодействию негативным эффектам процессов разрушения почв и горных пород.

При эрозионных исследованиях дается общее описание рельефа изучаемой территории, проводится геоморфологическое районирование и описание рельефа геоморфологических выделов. Очень важным является определение морфометрических показателей: крутизны и длины склонов, глубины и густоты расчленения [1].

Густота эрозионного расчленения является одним из количественных показателей, рассчитываемых для изучения эрозионной сети.

Традиционная методика изучения этих процессов достаточно затратна, трудоемка, требует значительного количества времени и, зачастую, отличается неточностью. Благодаря развитию информационных технологий и программного ГИС-обеспечения, специалисты, изучающие процессы, происходящие в географической оболочке, могут использовать компьютерные вычислительные мощности, снижая, таким образом, трудоемкость процесса.

Тестовые полигоны расположены в Минском районе в деревне Озерцо в непосредственной близости от столицы. Они расположены в пределах Минской возвышенности. Для территории характерны грядово-холмистые и увалистые краевые ледниковые образования сожского возраста. Мощность четвертичных отложений составляет от 160 до 80 м, в основном они представлены мореной и флювиогляциалом сожского возраста. Значительная расчлененность рельефа территории и активная сельскохозяйственная деятельность обусловили распространение и развитие здесь эрозионных процессов, что предоставило возмож-

ность использования данной территории для проведения эрозионных исследований.

Исследование было выполнено с использованием программного комплекса ГИС ArcGIS 9.3, а также Microsoft Excel. В качестве исходных материалов для выполнения работы были использованы цифровая модель рельефа SRTM 1Sec NGT с точностью до 1 дуговой секунды (около 30 м). Вертикальная точность составляет  $\pm 16$  м для абсолютных высот и  $\pm 6$  м для относительных высот. На основе данной модели рельефа была получена эрозионная сеть, которая была представлена в ГИС в виде линейного слоя. Также в качестве исходного файла был использован площадной слой, содержащий исследуемые поля, находящиеся в сельскохозяйственном обороте (рисунок 1). Показатели густоты эрозионного расчленения рассчитывались по отдельности для тестовых полигонов, соответствующих каждому из этих полей.

Для вычисления густоты эрозионного расчленения эрозионная сеть была обрезана по границам полигонов с помощью инструмента «Вырезание». Далее каждой линии нового слоя было присвоено значение ее длины. Для этого было создано новое поле, которое было заполнено значением длины линии.

Следующим шагом значения длин линий были перенесены в полигоны. Для этого использовался инструмент «Пространственное соединение». Важная деталь – был использован пункт «Один-ко-многим».

В новом слое для каждой линии был создан свой полигон. На этом этапе для каждого из участков существовал 1 и более полигон, каждый из которых содержал значение длины соответствующей полигону линии. Далее были суммированы длины линий внутри одного участка. Для этого был создан дополнительный столбец. Получившаяся таблица атрибутов была экспортирована в файл Microsoft Excel.

Поле «Length\_1», соответствующее сумме длин отрезков эрозионной сети в пределах одного участка, было заполнено в программе Microsoft Excel. Для этого использовался оператор «СУММЕСЛИ» (рисунок 2).

Новая таблица Excel с заполненным полем «Length\_1» была импортирована в ArcMap и присоединена к слою «Густота», предназначенному для содержания полигонов с рассчитанным показателем густоты эрозионного расчленения. В данном слое было создано новое поле, в котором рассчитана площадь полигона в квадратных метрах. Наконец, было создано поле для подсчета густоты эрозионного расчленения.

В калькуляторе поля густота эрозионного расчленения была рассчитана по формуле:

$$D = \sum l / S,$$

где  $D$  – показатель густоты эрозионного расчленения,  $\sum l$  – сумма длин линейных объектов эрозионной сети в пределах анализируемого участка территории,  $S$  – площадь этого участка. Полученный результат был переведен в км/км<sup>2</sup>.

Полученное поле показывает густоту эрозионного расчленения в км/км<sup>2</sup> для каждого из полигонов (рисунок 3).

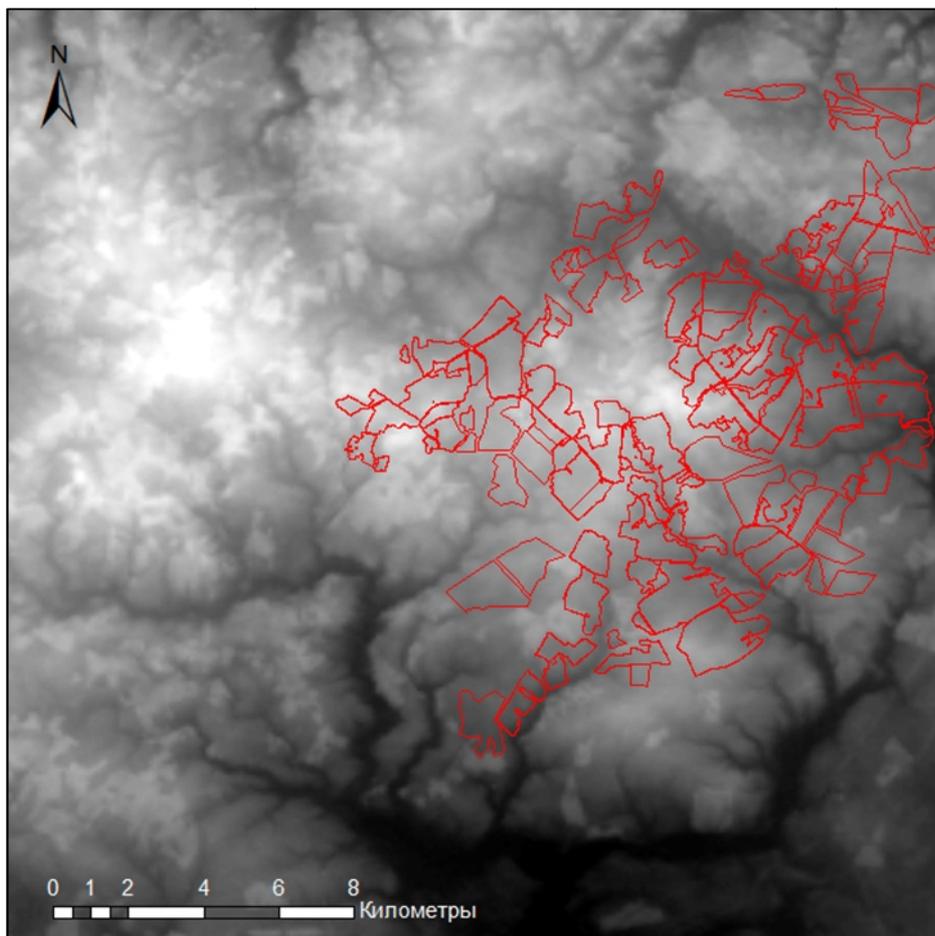


Рисунок 1 – Цифровая модель рельефа территории с исследуемыми полями, находящимися в сельскохозяйственном обороте

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	FID	Join_Count	TARGET_FID	JOIN_FID	AREA	НОМЕР	Урочи	Length	Length_1
2	0	0	0	-1	5.402500153 '33		Городище кладбище	0	0
3	1	0	1	-1	45.67869949 '99		Фрунзе с лева	0	0
4	2	0	2	-1	7.308129787 '117		Нарейки	0	0
5	3	1	3	209	50.23099989 '85		Дворище	277	615
6	4	1	3	210	50.23099989 '85		Дворище	245	615
7	5	1	3	218	50.23099989 '85		Дворище	93	615
8	6	1	4	103	18.4720993 '108		Б.Беляково	1647	3781
9	7	1	5	103	142.4170074 '108		Б.Беляково	1647	3781
10	8	1	5	109	142.4170074 '108		Б.Беляково	102	3781
11	9	1	5	112	142.4170074 '108		Б.Беляково	236	3781
12	10	1	5	114	142.4170074 '108		Б.Беляково	149	3781
13	11	1	6	269	102.6650009 '90		Коверляны	47	1174
14	12	1	6	271	102.6650009 '90		Коверляны	809	1174
15	13	1	6	272	102.6650009 '90		Коверляны	318	1174
16	14	1	7	88	77.29489899 '118		Плашево	72	1131
17	15	1	7	89	77.29489899 '118		Плашево	231	1131
18	16	1	7	92	77.29489899 '118		Плашево	204	1131
19	17	1	7	93	77.29489899 '118		Плашево	522	1131
20	18	1	7	102	77.29489899 '118		Плашево	102	1131
21	19	1	8	274	59.47840118 '92		Шильки	248	248
22	20	1	9	273	30.66729927 '91		Шильки	395	395
23	21	1	10	132	54.34370041 '114		Ледички	47	1588
24	22	1	10	133	54.34370041 '114		Ледички	9	1588
25	23	1	10	145	54.34370041 '114		Ледички	47	1588
26	24	1	10	146	54.34370041 '114		Ледички	607	1588
27	25	1	10	156	54.34370041 '114		Ледички	350	1588
28	26	1	10	157	54.34370041 '114		Ледички	528	1588
29	27	1	11	241	110.9919968 '93		Дворище	633	633
30	28	1	12	197	83.9240036 '94		Дворище	128	880
31	29	1	12	198	83.9240036 '94		Дворище	274	880
32	30	1	12	200	83.9240036 '94		Дворище	429	880
33	31	1	12	207	83.9240036 '94		Дворище	14	880
34	32	1	12	208	83.9240036 '94		Дворище	35	880
35	33	0	13	-1	13.36769962 '88		Дворище	0	0
36	34	1	14	244	72.00009918 '86		Буда	5	1143
37	35	1	14	245	72.00009918 '86		Буда	5	1143
38	36	1	14	246	72.00009918 '86		Буда	5	1143
39	37	1	14	247	72.00009918 '86		Буда	5	1143
40	38	1	14	248	72.00009918 '86		Буда	5	1143
41	39	1	14	249	72.00009918 '86		Буда	5	1143
42	40	1	14	250	72.00009918 '86		Буда	764	1143
43	41	1	14	251	72.00009918 '86		Буда	146	1143
44	42	1	14	252	72.00009918 '86		Буда	10	1143
45	43	1	14	253	72.00009918 '86		Буда	5	1143
46	44	1	14	254	72.00009918 '86		Буда	5	1143

Рисунок 2 – Заполнение поля в Microsoft Excel

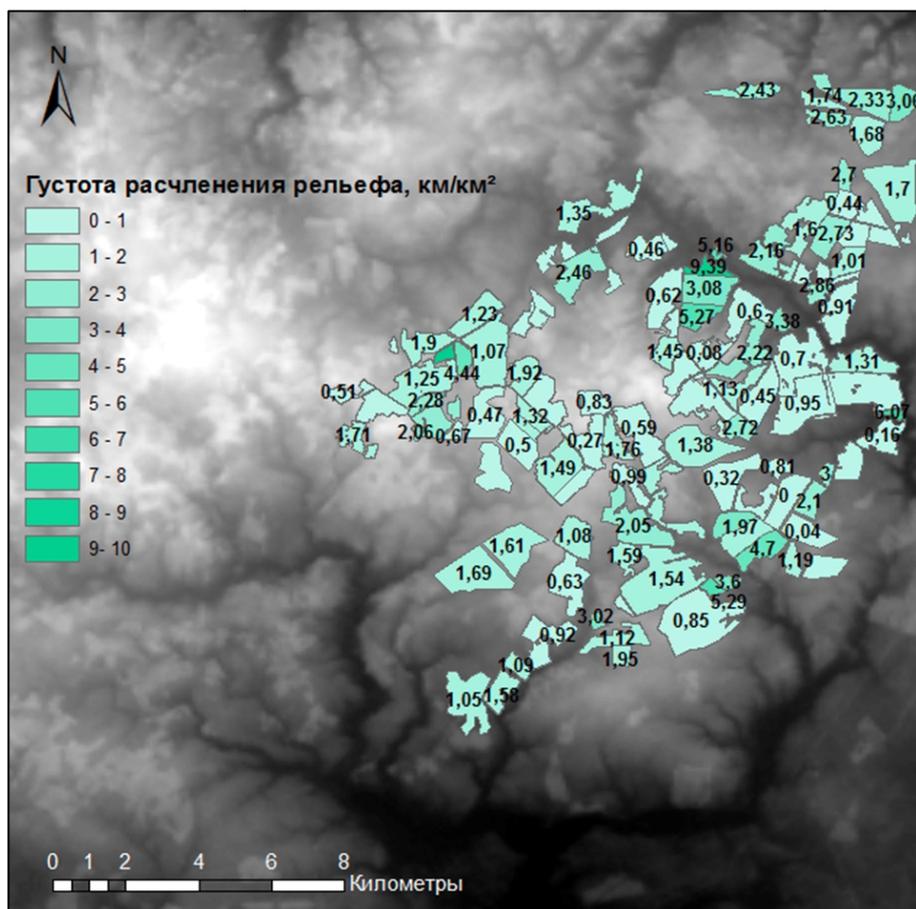


Рисунок 3 – Картограмма густоты эрозионного расчленения на примере тестовых полигонов Минской возвышенности

На получившемся слое сохранились несколько полигонов для каждого поля, однако их показатели густоты эрозионного расчленения идентичны, и, при необходимости, они могут быть объединены.

По результатам исследования значения густоты эрозионного расчленения оказались в диапазоне от 0,00 до 9,66 км/км<sup>2</sup>. На тестовых полигонах с наиболее низкими значениями густоты эрозионного расчленения (0–0,2 км/км<sup>2</sup>) общая длина эрозионной сети малая, либо вовсе нулевая, поскольку эрозионная сеть не попадает на территорию полигона. На тестовых полигонах с наиболее высокими значениями густоты эрозионного расчленения (5 км/км<sup>2</sup>) общая длина эрозионной сети достаточно большая относительно площади полигона. Такие экстремальные значения характерны для малых по площади тестовых полигонов – они с большей вероятностью оказываются вне эрозионной сети, но если на них все же попадает эрозионная сеть, то показатель густоты расчленения рельефа становится весьма высоким, поскольку цифра площади полигона в знаменателе формулы густоты расчленения рельефа низка.

Вычисление густоты эрозионного расчленения применительно к полям, находящимся в сельскохозяйственном обороте, позволяет давать оценку эрозионной опасности для каждого отдельного поля. Это дает возможность ведения эффективного планирования, при котором учитывается эрозионная опасность на каждом поле, находящемся в сельскохозяйственном обороте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аношко, В.С. Практикум по курсу "Мелиоративная география". Тема 4 / В.С. Аношко. – Минск: БГУ, 2013. – 47 с.
2. Воскресенский, С.С. Динамическая геоморфология (формирование склонов) / С.С. Воскресенский. – Москва: Издательство МГУ, 1971. – 288 с.
3. Леонтьев, О.К. Общая геоморфология / О.К. Леонтьев, Г.И. Рычагов. – Москва: Высшая школа, 1988. – 287 с.
4. Спиридонов, А.И. Геоморфологическое картирование / А.И. Спиридонов. – Москва: Недра, 1975. – 184 с.

## **ПРОИЗВОДСТВО АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА**

**Г. В. Черняков**

студент 5-го курса кафедры геодезии и картографии географического факультета  
Белорусского государственного университета

**А. П. Романкевич**

к.г.н., доцент, заведующий кафедрой геодезии и картографии  
географического факультета Белорусского государственного университета

В течение длительного времени сбор данных для крупномасштабного картографирования выполнялся традиционными наземными методами. Это тахеометрическая съемка, получение координат точек с помощью ГЛОНАС-GPS приемников, наземное лазерное сканирование. Тем не менее, методы наземных съемок имеют ряд существенных недостатков, к которым, в первую очередь, можно отнести большую трудоемкость, отсутствие возможности измерений труднодоступных точек. Также существенное влияние может оказать человеческий фактор [2].

С развитием новых технологий дистанционного зондирования Земли стали применяться такие методы получения геопространственных данных, как космическая съемка, воздушное лазерное сканирование, цифровая аэрофотосъемка с использованием, как пилотируемой авиации, так и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Космическая съемка позволяет получить снимки с максимальным общедоступным разрешением около 0,4 м, что недостаточно для крупномасштабного картографирования. Для некоторых территорий космические снимки приходится ждать длительное время, а в случае съемки под заказ заметно возрастает стоимость. Аэрофотосъемка с использованием пилотируемой авиации и воздушное лазерное сканирование обладают необходимой точностью, но требуют высоких экономических затрат на обслуживание и заправку техники, что приводит к повышению стоимости конечной продукции. Использование БПЛА оправдано в тех случаях, когда необходимо быстро получить точную информацию о местности на небольшие территории. К тому же, с учетом себестоимости каждого из решений, БПЛА занимают наиболее выгодные позиции.

Цель данного исследования – изучение возможности применения технологии БПЛА для создания цифровой модели рельефа.

Цифровая аэрофотосъемка производилась в рамках научно исследовательской работы «Геоэкологическая оценка объектов захоронения отходов потребления и разработка предложений по минимизации их негативного воздействия на природную среду» на территорию полигона твердых коммунальных отходов (г. Витебск).

В качестве съемочной системы использовался квадрокоптер фирмы Dji – Phantom 3 Advanced (таблица 1). На борту квадрокоптера установлена камера с сенсором на 12,4 Мп, позволяющая производить фотографирование с разрешением 4000×3000 пикселей. Квадрокоптер оснащен роботизированным подвесом камеры, который также снабжен амортизаторами для устранения вибрации камеры при съемке во время полета.

Таблица 1 – Технические характеристики квадрокоптера «Phantom 3» [5]

<i>Параметры</i>	<i>Показатели</i>
Вес (+ батарея и пропеллеры)	1280г
Мах скорость подъема	6 м/с
Мах скорость спуска	3 м/с
Мах скорость	16 м/с (нет ветра)
Мах время полета	23 мин
Рабочая температура	От 0 до +40
Режим GPS	GPS/GLONASS
Высота полета	до 500м*
Дальность полета	от 500м до 2000м (на открытом пространстве)
Сенсор	Sony EXMOR 1/2.3'' Effective pixels 12.4М
Объектив	FOV 94° 20mm f/2.8
Диапазон ISO	100-3200(видео), 100-1600(фото)
Скорость затвора	8s-1/8000s
Мах размер фото	4000x3000

Технология аэрофотосъемки на основе БПЛА состояла из следующих этапов:

- подготовительные работы (изучение местности, подлежащей фотографированию, подготовка карт, проектирование маршрутов полета и расчет элементов фотосъемки);
- полевые работы (обследование и закрепление точек планово-высотной подготовки снимков, закрепление и маркировка точек опорной сети, фотосъемка в автоматическом режиме);
- камеральные работы (обработка результатов геодезических измерений, фотограмметрическая обработка снимков) [1].

На предполетном этапе производилась маркировка опознаков на местности и определение их координат. Для маркировки опознаков применялись белые и красные пластиковые тарелки диаметром около 20 см и другие четко дешифрируемые объекты. Координаты и высоты 68 опознаков определялись двухчастотным приемником геодезического класса точности Trimble R6 – 4 в режиме ре-

ального времени (RTK) от постоянно-действующих пунктов (ПДП) Спутниковой системы точного позиционирования Республики Беларусь с субсантиметровой точностью.

Аэрофотосъемка выполнялась с помощью навигационной программы Pix4d с высоты 60 м с поперечным перекрытием 60 % и продольным – 70 %. Площадь исследуемой территории составила около 150 га и была разбита на 8 блоков (рисунок 1). Для каждого блока полетное задание составлялось отдельно.



Рисунок 1 – Схема выполнения аэрофотосъемки

В результате 8 залетов был получен 1 921 снимок разрешением 2,2 см и данные телеметрии, которые включали: координаты центров и время фотографирования.

Обработка полученных аэроснимков выполнялась в Agisoft PhotoScan Professional (далее PhotoScan). PhotoScan – это программный комплекс, предназначенный для обработки материалов аэрофотосъемки и получения ортофотопланов и цифровых моделей местности.

Обработка материалов аэрофотосъемки для создания ЦМР состоит из следующих основных этапов:

- *Выравнивание фотографий.* На этом этапе выполняется поиск общих точек на снимках, определение элементов взаимного ориентирования снимков, формирование первичной модели местности, состоящей из общих точек (разреженного облака точек);
- *Внешнее ориентирование модели.* На данном этапе выполняется загрузка и измерение наземных опорных точек на снимках;
- *Оптимизация.* По сути, является строгим уравниванием параметров ориентирования снимков. Производится на основе данных о положениях центров фотографирования и наземных опорных точек. В качестве весовых коэффициентов для уравнивания выступали погрешности определения координат точек

съемки (центров фотографирования), определения координат точек наземной опорной сети, дешифрирования и маркирования опорных точек на снимках;

- *Построение плотного облака точек.* На этом этапе выполняется повторный поиск общих точек, и определение их положения. Поскольку параметры взаимного ориентирования снимков уже известны с высокой точностью, это позволяет сузить область поиска общих точек и повысить достоверность определения их соответствия. Плотность результирующего облака точек при этом оказывается весьма высокой – в наиболее детальном режиме построения плотного облака анализируется буквально каждый пиксел исходных фотографий, и для всех пикселов определяется положение соответствующих им точек на местности;

- *Классификация плотного облака точек.* В PhotoScan реализована функция автоматического распознавания точек рельефа. Эта возможность позволяет классифицировать точки плотного облака и отнести все точки к определенным стандартным классам. В результате классификации все точки были распределены на 3 класса (земля, шумы, другие точки) (рисунок 2);

- *Построение цифровой модели рельефа.* Построение цифровой модели рельефа производится на основе классифицированного плотного облака точек. В качестве исходного указывается класс «Земля. Модель формируется на основе плотного облака точек триангуляцией по точкам, часть точек при этом отфильтровывается [3].

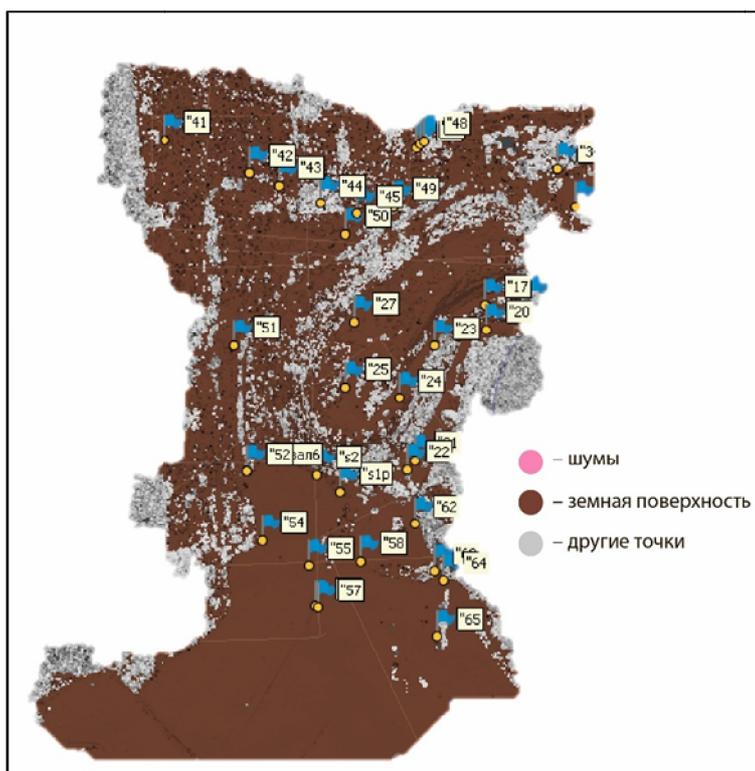


Рисунок 2 – Классифицированное плотное облако точек

В результате выполненных работ получена цифровая модель рельефа (рисунок 3).

В ПО «PhotoScan» все этапы вычислительного процесса сопровождаются оценкой точности, для чего исследуются значения остаточных поперечных па-

раллаксов (при взаимном ориентировании), расхождения координат в зонах перекрытий (при построении модели), остаточные невязки на опорных и контрольных точках (при заключительном уравнивании) [4].

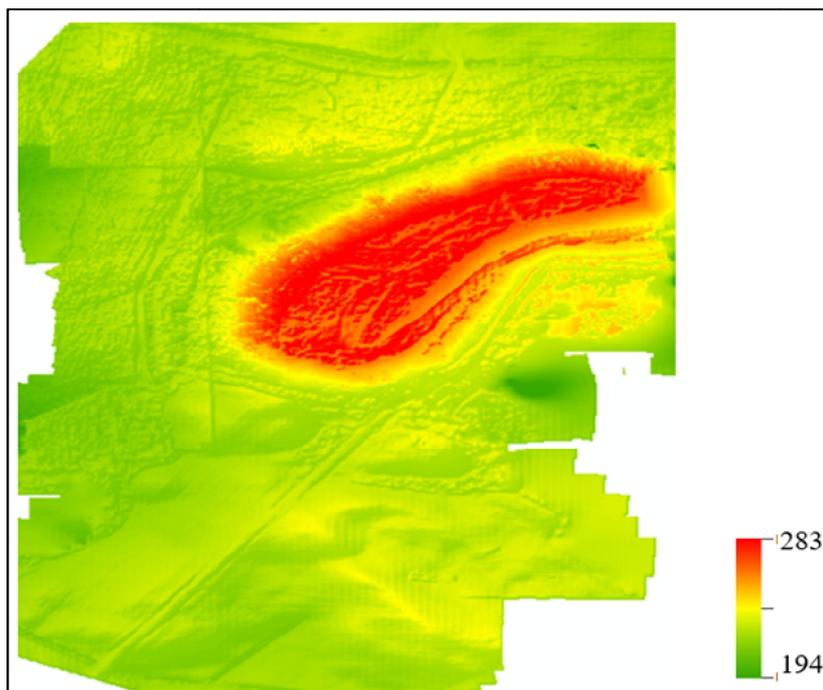


Рисунок 3 – Цифровая модель рельефа

В результате оценки точности в «PhotoScan» среднее квадратическое отклонение (СКО) составило 8.2 сантиметров в плане и 9.6 см по высоте (таблица 2), что удовлетворяет точности высоты сечения рельефа 1 метр.

Таблица 2 – Оценка точности цифровой модели рельефа

<i>Параметры</i>	<i>Показатели</i>
Разрешение полученной модели, см	2,2
Число опорных и контрольных точек	68
СКО на опорных и контрольных точках в плане (XY), см	8.2
СКО на опорных и контрольных точках по высоте (Z), см	9.6
Общая (XYZ) СКО на опорных и контрольных точках, см	12.6

Полученная по материалам аэрофотосъемки ЦМР намного подробнее моделей, построенных по результатам наземной съемки. Модель более точно отображает детали рельефа, включая элементы искусственного и естественного микро-рельефа. Для дальнейшей обработки поддерживается экспорт цифровой модели рельефа в форматах GeoTIFF, Arc/Info ASCII Grid (ASC), Band interleaved (BIL), XYZ, Sputnik KMZ.

Данные, полученные по результатам аэрофотосъемки будут использованы для моделирования распространения загрязняющих веществ от полигонов твердых коммунальных отходов в подземные воды и определения объемов захоронения отходов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алчинов, А.И. Методы цифровой фотограмметрии. Технология «Талка» / А.И. Алчинов, Н.Д. Беклемишев, В.Б. Кекелидзе. – М.: МГУП, 2007. – 260 с.
2. Иноземцев, Д.П. Беспилотные летательные аппараты: теория и практика. Часть 2. Модель обработки аэрофотоснимков в среде AGISOFT PHOTOSCAN / Д.П. Иноземцев // АТИП. – 2013. – № 3. – С. 51.
3. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan: Professional Edition, версия 1.1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agisoft.com>.
4. Семенов, А.Е. Автоматизированный способ получения ортофотопланов, матриц высот и 3D-моделей местности с помощью БЛА и ПО PhotoScan Pro / А.Е. Семенов // Организация, технологии и опыт ведения кадастровых работ: труды 17-й Всероссийской конференции, Москва, ноябрь 2012 г., / РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – Москва. – 2012 – С. 4.
5. Phantom 3. Руководство пользователя. – Shenzhen, China.: SZ DJI Technology Co, 2015. – 60 с.

## ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН ДОСТУПНОСТИ СЛУЖБ МЧС ГОРОДА МОГИЛЕВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

**А. В. Клепча**

студент 4-го курса кафедры геодезии и ГИС инженерно-строительного факультета Полоцкого государственного университета

**П. Ф. Парадня**

старший преподаватель кафедры геодезии и ГИС инженерно-строительного факультета Полоцкого государственного университета

Важным объектом исследований в географии являются различные географические сети, представляющие собой совокупности линейных фрагментов природного (например, речные, орографические, тектонические) и антропогенного (например, дорожные, электрические, коммуникационные) характера.

Целью изучения географических сетей является выявление закономерностей их строения, формирования и развития, а также мониторинг, оптимизация и управление (например, в случае транспортных и коммуникационных сетей). ГИС-технологии обеспечивают возможность компьютерного представления, моделирования и анализа, сколь угодно больших по числу вершин и ребер сетевых объектов, в сочетании с автоматизированным тематическим картографированием, интерактивным редактированием и визуализацией (включая мультимедиа) соответствующих сетевых моделей [1].

В моделировании и анализе географических сетей широко применяются методы теории графов. Как известно, любое картографическое изображение территориальных отношений содержит метрические и топологические атрибуты. Графовые модели акцентируют внимание именно на топологические свойства сетей: порядок соединения вершин, наличие циклов, степень связности и др.

Реальные территориальные отношения и связи можно формализовать и изобразить в виде многомерных графов-картосхем. Однако методика анализа таких графов еще недостаточно разработана. Поэтому при изучении географических сетей чаще всего используются относительно простые графовые модели, методика анализа которых разработана до уровня алгоритмов и программ.

В случае сетевого анализа геоинформационные системы обеспечивают эффективное решение трех взаимосвязанных задач: 1) представление и хранение в базе данных метрической и топологической информации о структуре сети; 2) визуализацию географических сетей в виде дисплейных картосхем с возможностью интерактивного запроса атрибутивной информации по каждому элементу сети; 3) анализ структуры сети на основе моделей и алгоритмов теории графов [2].

Первый этап осуществления анализа – это подбор картографического материала. Картографические данные в ГИС могут быть введены в аналоговом и цифровом виде.

В данной работе в качестве картографического материала использовалась отсканированная карта города Могилева масштаба 1 : 50 000 (рисунок 1) из Национального атласа Беларуси (издание от 2002 г.) [3]. Для осуществления достоверного анализа картографический материал был зарегистрирован в системе координат Pulkovo 1942.

Для обработки картографического материала использовалась программная среда ArcGIS. На основе растрового картографического материала создавались векторные объекты, и вносилась атрибутивная информация по мере необходимости. В результате проделанной работы был создан набор тематических слоев (рисунок 2).

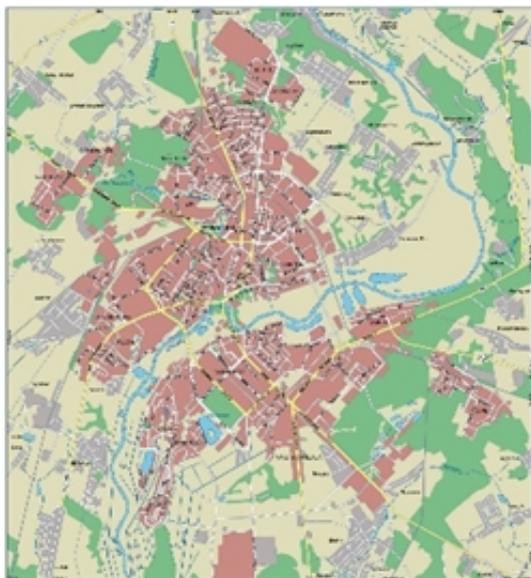


Рисунок 1 – Исходное картографическое изображение

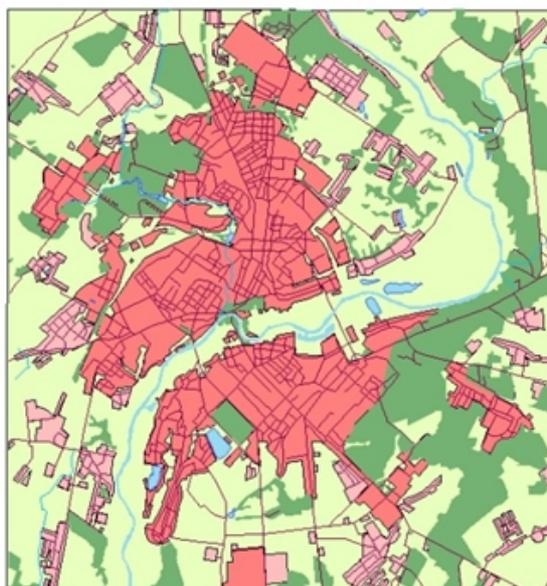


Рисунок 2 – Векторное представление данных

Особенностью сетевого анализа является наличие затратных единиц, по которым программа будет оценивать дорожный граф. Перед тем как приступить непосредственно к построению набора сетевых данных, необходимо внести в атрибутивную таблицу (рисунок 3) информацию о затратных единицах. Затратные единицы – это стоимость пересечения ребра дорожного графа. В качестве затрат могут выступать как условные единицы, так и вполне реальные, например, литры затраченного топлива на пересечения данного участка ребра графа, время,

расстояние и др. В качестве стоимостных единиц в работе использовалось время в минутах, которое рассчитывалось исходя из скоростного режима ребра графа. Для учета всех исключений в атрибутивную информацию слоя сетевого анализа была добавлена информация об ограничениях, которая в дальнейшем указывается при построении графа дорог.

Информация об ограничениях была получена с помощью географического интернет-сервиса [mapcreator.here.com](http://mapcreator.here.com), который является картографическим сервисом, принадлежащим консорциуму компании AUDI AG, BMW Group и Daimler AG. Он используется в многочисленных пакетах программного обеспечения, включая системы навигации, а также доступен для веб-браузеров и телефонов на различных платформах. С помощью встроенных функций данного гео-сервиса была внесена семантика о направлении движений. Данную информацию геосервис предоставляет бесплатно.

FID	Shape *	FID_111	Движение	length	min	тип
747	Полилиния	0	1	242,993	0,242993	0
762	Полилиния	0	1	262,69699	0,262697	0
789	Полилиния	0	1	128,257	0,128257	0
804	Полилиния	0	1	218,28999	0,21829	0
806	Полилиния	0	1	192,866	0,192866	0
817	Полилиния	0	1	129,435	0,129435	0
833	Полилиния	0	1	241,147	0,241147	0
845	Полилиния	0	1	134,461	0,134461	0
907	Полилиния	0	1	149,117	0,149117	0
1168	Полилиния	0	1	245,30099	0,245301	0
1186	Полилиния	0	1	254,043	0,254043	0
1188	Полилиния	0	1	201,32001	0,20132	0
1191	Полилиния	0	1	311,298	0,311298	0
1202	Полилиния	0	1	307,30099	0,307301	0
1216	Полилиния	0	1	349,16599	0,349166	0
1222	Полилиния	0	1	136,783	0,136783	0
0	Полилиния	0	0	77,769798	0,07777	0
1	Полилиния	0	0	61,0224	0,061022	0
2	Полилиния	0	0	7,39193	0,007392	0
3	Полилиния	0	0	71,415802	0,071415	0

Рисунок 3 – Атрибутивная информация слоя дорог

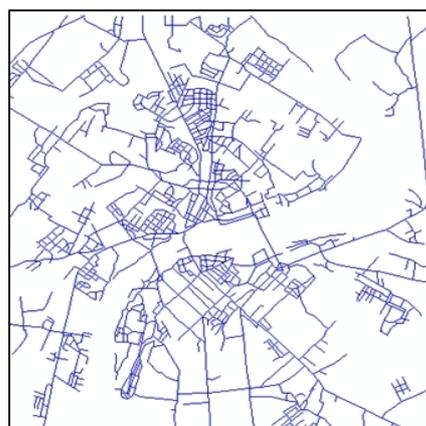


Рисунок 4 – Граф дорог г. Могилева в среде ArcGIS

Граф дорог в среде ArcGIS строится на основе линейного слоя дорог и состоит из ребер, соединений и поворотов. Анализируемый слой должен иметь следующий минимальный состав атрибутивных характеристик для каждого сегмента: длина; время прохождения; скорость движения; признак одностороннего движения; класс иерархии (рекомендуется задавать не более 5 классов); название улиц и дорог.

Набор сетевых данных, представляющий собой граф дорог (рисунок 4), строится внутри базы геоданных в одном с линейной темой дорог наборе классов. С помощью мастера настройки, задаются основные установки и характеристики сети.

Воспользоваться инструментами сетевого анализа можно как в окне ArcCatalog (через набор инструментов Network Analyst), так и в приложении ArcMap, которое сразу позволяет визуализировать полученный результат.

Завершающим этапом работы является создание зон обслуживания служб МЧС города Могилева с помощью модуля Network Analyst в программном продукте ArcGIS.

В ходе осуществления анализа, в результате которого строятся зоны доступности, требуется добавить точки интереса. Это могут быть магазины, оста-

новки и др. В работе используется сеть пожарных аварийно-спасательных частей, загруженная из ранее созданного слоя, исходя из которых будет моделироваться буферная зона обслуживания.

Для точности моделируемых зон требуется установить барьеры. Барьеры помогают добавить и удалить изменения сети оперативно, что идеально подходит для моделирования временных изменений стоимости перемещения по сети: дерево, блокирующее трафик, будет со временем удалено, и наводнение, в конце концов, отступит. После окончания события, которое моделирует барьер, его можно просто удалить [4]. Барьеры делятся на три типа геометрии и предназначены для моделирования временных изменений в сети. Они бывают точечные, линейные и полигональные барьеры. Барьеры являются частью слоев сетевого анализа, а не набора сетевых данных. Поэтому, барьеры оказывают влияние только на слой сетевого анализа, который их содержит.

Для установления барьеров использовался сервис Mapcam.info. Mapcam.info – это проект, созданный для обмена информацией между водителями о всевозможных опасностях на дорогах.

В работе была внесена информация о барьерах («лежачие полицейские», проезд через железнодорожные пути и др.), при пересечении которых необходимо потратить больше (меньше) затратных единиц.

Произведя настройки свойств сетевого анализа, в качестве диапазонов зон обслуживания были указаны временные рамки 5, 10, 15, 20 минут для пересечения ребер графа.

Запустив расчет, Network Analyst вырабатывает решение, которое становится частью слоя сетевого анализа. Создаются выходные объекты сетевого анализа и обновляются входные/выходные объекты с использованием результатов [4].

Таким образом, построение области обслуживания в Network Analyst заключается в анализе максимального расстояния вдоль каждого ребра графа, а узлы этих ребер становятся точками на периметре полигона зоны обслуживания. В результате выполненной работы была получена карта зон доступности 5, 10, 15, 20 минут от пожарных аварийно-спасательных частей (ПАСЧ) города Могилева (рисунок 5). Полученные зоны отражают время, которое необходимо затратить на преодоление пути, рассчитанного от сети ПАСЧ.



Рисунок 5 – Зоны доступности ПАСЧ города Могилева

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сетевой анализ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://kadastrua.ru/gis-tekhnologii/211-setevoj-analiz.html>. – Дата доступа: 22.09.2017.
2. Сетевой анализ в ГИС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kadastrua.ru/gis-tekhnologii/212-setevoj-analiz-v-gis.html>. – Дата доступа: 22.09.2017.
3. Национальный атлас Беларуси / Мн.: Белкартография, 2002. – 292 с.
4. Барьеры (Barriers). – Справка / ArcGIS [Электронный ресурс] – Режим доступа: Desktop<https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/extensions/network-analyst/barriers.htm>. – Дата доступа: 2.09.2017.

## ВОДОСБОРНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

**М. И. Липлянина, И. Г. Игнатовская**

студенты 4-го курса кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

**Н. В. Ковальчик**

к.г.н., доцент, доцент кафедры почвоведения и ЗИС  
географического факультета Белорусского государственного университета

В настоящее время комплексное управление водными ресурсами Беларуси осуществляется с применением бассейнового принципа, который направлен на создание условий для рационального использования и охраны водных объектов, сохранение и улучшение водных экосистем [1]. Химический состав донных осадков и высшей водной растительности может быть использован как индикатор геохимических условий водосборных территорий водоемов и водотоков.

Для анализа накопления микроэлементов в донных отложениях и макрофитах рек и озер Беларуси использованы данные мониторинга за период 2000–2015 гг. НИЛ озераведения БГУ. Сеть мониторинга включает участки озер, водохранилищ и рек Беларуси, репрезентативные с точки зрения ландшафтных условий, фонового статуса и вида техногенного воздействия. Опробованные озера отличаются генетическим типом, характером донных отложений и степенью зарастания.

Целью данного исследования было изучить возможности использования гидрологического анализа ГИС для выделения водосборных территорий основных рек Беларуси и их притоков первого порядка для дальнейшего геохимического анализа.

Для интерпретации массива данных мониторинга о содержании микроэлементов в донных отложениях и макрофитах была разработана база географических данных на основе приложения ГИС ArcGIS 10.3 – ArcCatalog. База геоданных включает векторную пространственную основу, цифровую модель рельефа, данные о содержании микроэлементов в донных отложениях и высшей водной растительности озер и рек Беларуси.

Векторная пространственная основа создана на основе данных OpenStreetMap и содержит следующие классы пространственных объектов: «admi» – границы Республики Беларусь, областей и районов; «settlement» – населенные пункты; «roads» – дороги; «rivers» – реки и каналы; «lakes» – озера и водохранилища; «vegetation» – растительность [2].

Слой «rivers» содержит линейные объекты основных рек Беларуси и их притоков первого порядка. Также в базе геоданных были созданы точечные классы пространственных объектов, содержащие информацию о пунктах мониторинга озер и рек («lakes\_monitoring» «rivers\_monitoring»).

В качестве цифровой модели рельефа использовались данные радарной интерферометрической съемки поверхности земного шара SRTM [4]. Разрешение равно трем угловым секундам (~90 м), что отвечает уровню детализации региональных геоморфологических исследований.

Выделение границ бассейнов осуществлялось с помощью ГИС-технологий на основе цифровой модели рельефа (ЦМР). Водосборная дифференциация территории производилась в среде ArcGIS 10.3 с помощью линейки инструментов «Гидрология», модуля пространственного анализа Spatial Analyst и включало несколько этапов.

Поскольку создавалась бездепрессионная модель рельефа, перед началом моделирования был проведен анализ исходной ЦМР на наличие локальных понижений. Для заполнения некорректных понижений рельефа применена функция «Заполнение» (Fill). Далее с помощью инструмента «Направление стока» (FlowDirection) был создан растр направления стока по 8 румбам (рисунок 1), значения которых соответствуют сторонам света (1 – В, 2 – ЮВ, 4 – Ю, 8 – ЮЗ, 16 – З, 32 – СЗ, 64 – С, 128 – СВ).

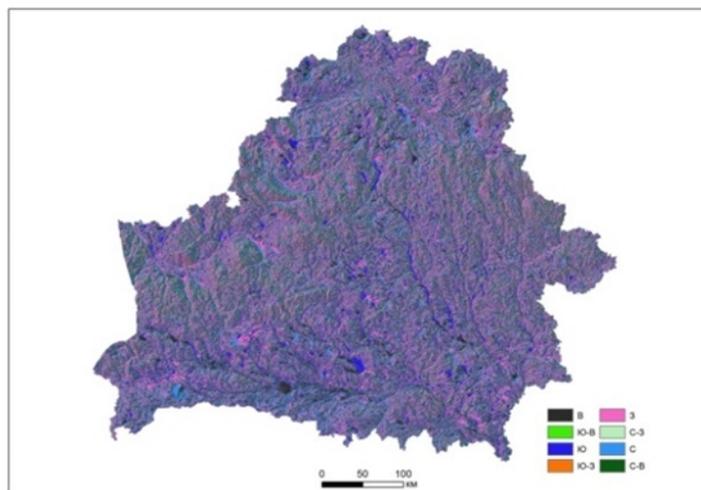


Рисунок 1 – Направление стока поверхностных вод, построенное на основе ЦМР

На следующем этапе на основании растра направления стока с помощью инструмента «Суммарный сток» (FlowAccumulation) был вычислен суммарный сток, понимаемый как количество ячеек вверх по уклону, с которых осуществляется сток в каждую ячейку. Применяя пороговое значение к растру суммарного стока с помощью инструмента «Установить ноль» (Set Null), была выделена сеть водотоков.

Сеть постоянных и временных водотоков рек и элементов овражно-балочной сети из грид-модели была конвертирована в отдельный векторный слой. В модуле «Гидрология» ГИС ArcGIS реализован алгоритм расчета порядка водотоков по методам Страллера и Шрива [3] (рисунок 2).

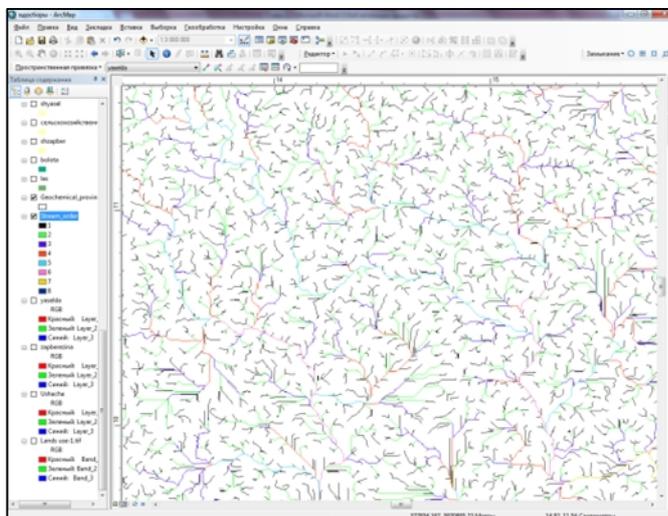


Рисунок 2 – Выделение сети постоянных и временных водотоков на основе ЦМР

Далее векторный слой редактировался: не нужные для дальнейших построений линии удалены, оставлены водотоки основных рек и притоков 1-го порядка и определены точки устьев инструментом «Пересечение».

На следующем этапе моделирования по грид-поверхности направления стока (инструмент «Водосборная область») были выделены водосборные бассейны рек Беларуси и их притоков первого порядка (рисунок 3).

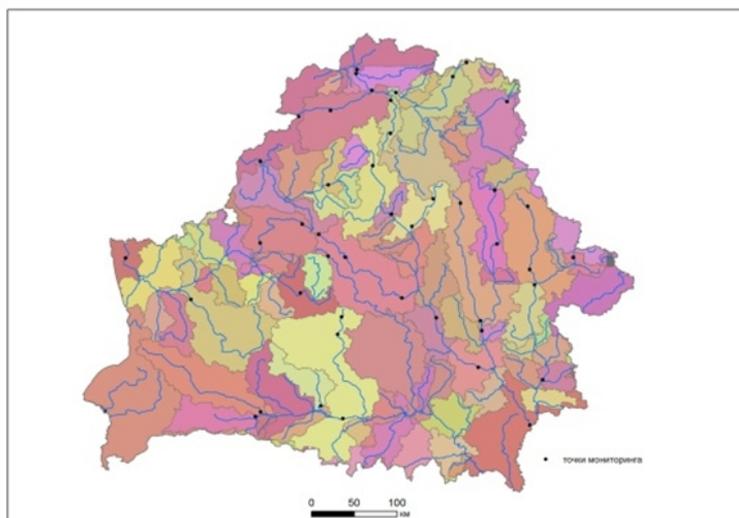


Рисунок 3 – Растровая модель водосборных бассейнов притоков первого порядка рек Беларуси

Как видно из рисунка, при автоматическом построении картосхемы был допущен ряд ошибок. Проанализировав их, можно сделать следующие выводы:

· для точного автоматического выделения водосборов рек – притоков первого порядка используемая ЦМР не обладает достаточным пространственным разрешением;

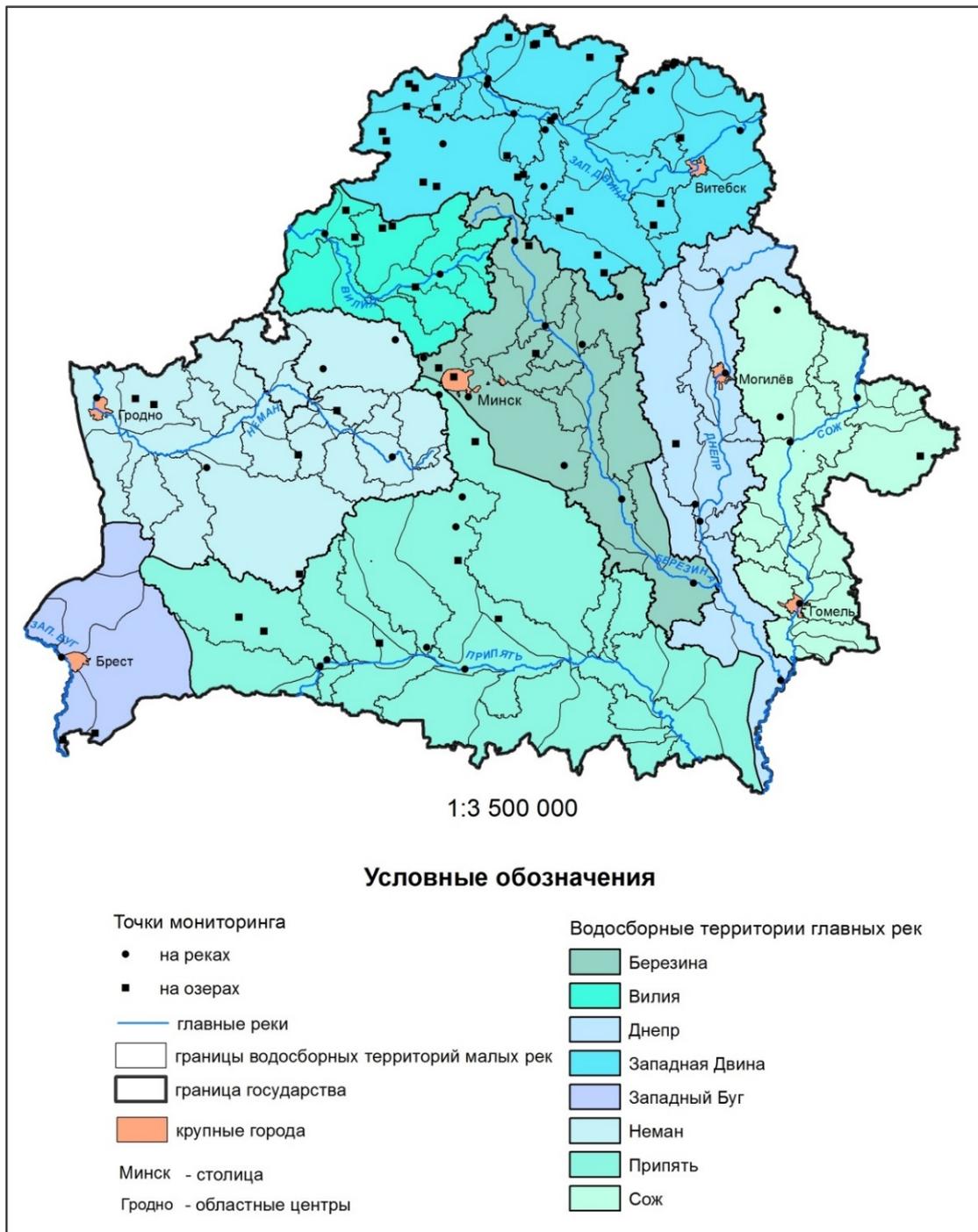


Рисунок 4 – Водосборные бассейны притоков первого порядка рек Беларуси

· большинство несоответствий выделенных водосборных областей течению рек выявлено на территориях с невысокой вертикальной расчлененностью рельефа;

· можно повысить точность водосборной ГИС-дифференциации территории, выполняя построения для каждой речной системы отдельно и используя специальные программные продукты гидрологического анализа (например,

программные продукты Hydrologic Engineering Centre, Geospatial Modelling Environment).

Итоговая карта водосборных территорий притоков первого порядка рек Беларуси приведена на рисунке 4. Она использована при выполнении анализа многолетних данных фонового мониторинга для выявления особенностей накопления микроэлементов в донных отложениях и высшей водной растительности водоемов и водотоков Беларуси в зависимости от характеристик их водосборных бассейнов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Водный кодекс Республики Беларусь: Закон Респ. Беларусь, 30 апреля 2014 г. N 149-З // Эталон-Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.
2. Данные OSM в формате shape-файлов // Open Street Map [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://beryllium.gis-lab.info/project/osmshp/region/BY>. – Дата доступа: 25.03.2017.
3. Hydrology toolset [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://resources.arcgis.com>. – Дата доступа: 5.11.2017.
4. SRTM 90m Digital Elevation Data // SMRT [Electronic Resource]. Mode of access: <http://srtm.csi.cgiar.org/Index.asp>. – Date of access: 29.11.2016.

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ СОСНЯКОВ МШИСТЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

**Д. П. Джига**

студент 3-го курса кафедры лесоустройства лесохозяйственного факультета  
Белорусского государственного технологического университета

**В. В. Коцан**

к.с.-х.н., ассистент кафедры лесоустройства лесохозяйственного факультета  
Белорусского государственного технологического университета

Вопрос изучения пространственной структуры и ее влияния на таксационные показатели древостоев рассматривался различными авторами [1–2]. Существует множество подходов к решению данной задачи. Основная трудность при изучении пространственной структуры насаждений, заключается в ее структурированности и сильной неоднородности. Эта проблема решается с помощью имитационного и аналитического моделирования. Возникновение неоднородного пространственного распределения и неустойчивой динамикой пространственной структуры связано с процессами хаотической самоорганизации.

Для анализа связей между лесотаксационными показателями древостоев и пространственной структурой в автоматическом режиме, проектирования и контроля проводимых лесохозяйственных мероприятий было принято решение создать цифровую модель древостоя, которая должна передавать точное пространственное размещение деревьев в насаждении. В ходе данной работы использовалась Quantum GIS (QGIS).

Перед началом работы в QGIS были дополнительно установлены модули «Points2One» и «Generalizer».

В ходе предварительной работы были проведены полевые исследования в Негорельском учебно-опытном лесхозе, где собран материал о таксационной и пространственной характеристике более 200 деревьев.

По данным полевых исследований был создан файл с расширением \*.csv, который содержал следующие показатели по каждому дереву: номер дерева, средний диаметр ствола на высоте 1,3 метра, высота дерева, объем ствола, координаты его размещения на пробной площади в декартовой системе координат, координаты 8 радиусов кроны для каждого дерева.

В проекте QGIS создавался слой «Деревья», который отображает их размещение на пробной площади. Далее создавался слой «Кроны». Первоначально строился точечный слой, который отображает 8 радиусов кроны каждого дерева. С помощью модуля «Points2One» эти точки соединялись в замкнутые линии, отображающие кроны деревьев. После этого с помощью модуля «Generalizer» эти линии сглаживались и преобразовывались в полигоны, что и отображено на рисунке 1.

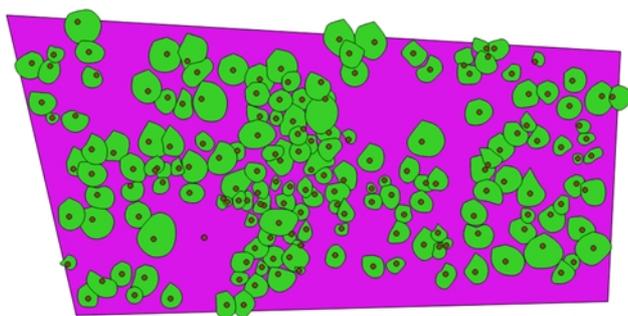


Рисунок 1 – Отображение крон деревьев в проекте QGIS

С помощью калькулятора полей для каждой кроны были рассчитаны ее площадь и средний радиус кроны. Далее вокруг ствола каждого дерева на основании среднего радиуса кроны были построены буферные зоны, которые называют «площадь роста» каждого дерева (рисунок 2).

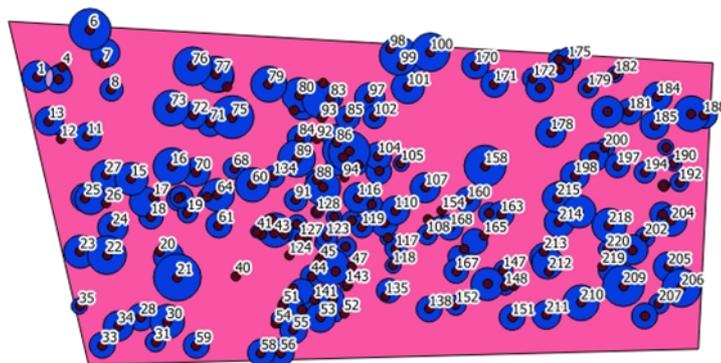


Рисунок 2 – Отображение площадей роста деревьев в проекте QGIS

В ходе дальнейших исследований было принято считать площади пересечения «площадей роста» – «площами конкуренции» и с помощью средств ГИС (Вектор → Геообработка → Обрезка) они были выделены в отдельный слой «Площади конкуренции», где были рассчитаны их площади (рисунок 3).

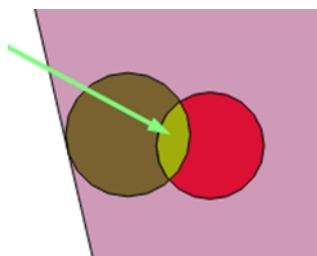


Рисунок 3 – Отображение площади конкуренции в проекте QGIS

Далее проводилась статистическая обработка таксационных и пространственных показателей. В таблице 1 представлены результаты корреляционного анализа таксационных и пространственных показателей в данном древостое. Самая сильная связь наблюдается между площадью кроны и площадью конкуренции и это логично, т.к. чем больше крона, тем больше вероятность ее пересечения с кронами деревьев конкурентов. Также можно считать наличие связи между объемом ствола и площадью конкуренции. А вот процент перекрытия площадей роста не дал статистически достоверных данных зависимости таксационных показателей.

Таблица 1 – Результаты корреляционного анализа таксационных и пространственных показателей

<i>Показатели</i>	<i>Высота</i>	<i>Диаметр</i>	<i>Объем ствола</i>	<i>Площадь кроны</i>
Площадь конкуренции	0,170	0,376	0,377	0,446
Процент перекрытия площадей роста	-0,121	-0,110	-0,104	-0,174

Так же в ходе обработки полученных данных строились графики зависимости. На рисунке 4 представлен график зависимости объема ствола от площади конкуренции. Можно сделать вывод о том, что объем древесного ствола растет до определенного периода вместе с ростом площади конкуренции, но достигнув отметки в 13,93 м<sup>2</sup> он сменяется уменьшением.

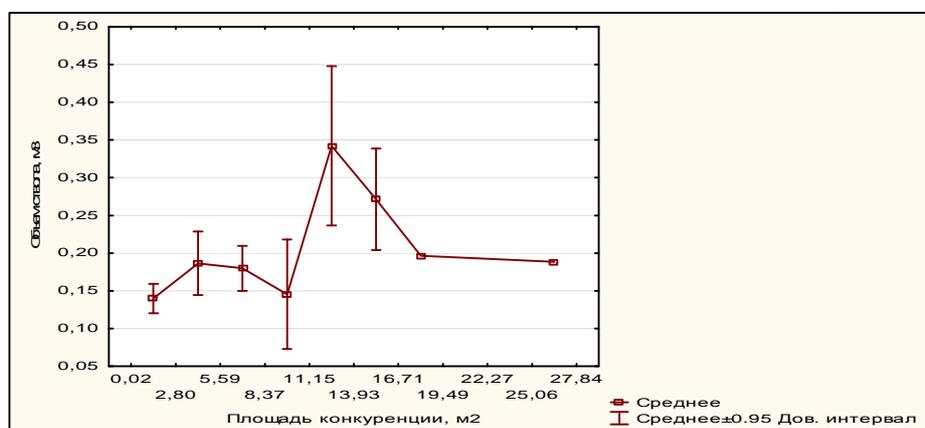


Рисунок 4 – График зависимости объема ствола от площади конкуренции

По результатам проведенной работы можно сделать вывод о том, что целесообразно проводить дальнейшие исследования в данном направлении, так как связи выявлены и подтверждены статистически. Данные исследования помогут разобраться в вопросах оптимальной пространственной структуры древесных насаждений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Севко, О.А. Оценка влияния пространственной структуры на таксационные показатели древостоев с использованием цифровой модели пространственного распределения древостоев / О.А. Севко, В.В. Коцан // Труды БГТУ. – Минск : БГТУ, 2012. – № 1. – С. 57–59.
2. Коцан, В.В. Классификация деревьев на основании пространственной структуры при назначении рубки ухода / В.В. Коцан // Труды БГТУ. – Минск : БГТУ, 2015. – №1(174). – С. 24–27.

## **СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ОПОРНЫХ РАЗРЕЗОВ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛАРУСИ В РАМКАХ ПРОЕКТА DATESTRA**

**Ю. Ю. Трифонов**

аспирант кафедры инженерной геологии и геофизики географического факультета Белорусского государственного университета

**А. Ф. Санько**

д.г.-м.н., доцент, заведующий кафедрой инженерной геологии и геофизики географического факультета Белорусского государственного университета

**А. А. Вашков**

к.г.-м.н., старший научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН, г. Апатиты

В современной геологии GIS-технологии используются для решения задач геологического картирования, создания прогнозных карт месторождений, дешифрирования аэро- и космоснимков, мониторинга опасных геологических и техногенных процессов, подсчетов запасов месторождения и др. Проведение таких работ в GIS практически всегда сопровождается созданием баз данных геологической информации. Подобная форма хранения информации в сочетании с веб-ресурсами, является максимально доступной широкому кругу пользователей. Создание пространственно ориентированных баз данных – одна из задач геологии в ближайшие 3–5 лет.

В настоящее время актуальной задачей четвертичной геологии европейских стран стала необходимость сведения информации об опорных разрезах четвертичной толщи в пространственно ориентированную базу данных в рамках европейского проекта DATESTRA (Database of Quaternary Terrestrial European Stratigraphy) [1]. Такая необходимость обусловлена задачами корреляции местных стратиграфических подразделений квартера с наиболее полно изученными стратотипами Европы. Проект DATESTRA курирует Европейская секция по изучению стратиграфии четвертичного периода (SEQS). Общая европейская база данных позволит получать доступ к информации о наиболее представительных раз-

резах четвертичных отложений на обширной территории. В перспективе это позволит приблизиться к созданию универсальной для всех европейских стран стратиграфической шкалы квартера.

Необходимым условием единой базы данных является создание универсального паспорта стратотипов и других опорных разрезов четвертичных отложений. Паспорт разреза должен включать в себя название разреза, его административное и географическое положение, имя автора (ов), впервые описавших разрез, список публикаций, в которых разрез описан. Следует также указывать литологическую и палеонтологическую характеристику пород разреза, мощность отложений, методы и результаты абсолютного датирования пород и т.д.

Работа по созданию электронной базы данных опорных разрезов четвертичных отложений в рамках проекта DATESTRA начата на территории Беларуси, имеющей эталонное значение в ледниковой зоне Средней Европы и отличающаяся максимальными мощностями и наибольшей стратиграфической представительностью четвертичных отложений. В ходе создания базы данных опорных разрезов с помощью GIS будет получена возможность совмещать пространственное положение разрезов с геологическими телами четвертичных отложений. Для этого возможно в будущем использовать цифровую модель геологической карты. Для максимальной точности, она должна учитывать листы государственной геологической карты масштаба 1 : 200 000 и участки целевой геологической съемки масштаба 1 : 50 000 на территории Беларуси. Подобная работа была проведена в геологическом институте «НПЦ по геологии» в рамках проекта «Разработка экспертной системы реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами» [3].

Реализация проекта связывается с применением функционала сервиса «Google Карты» (рисунки 1–2). Такой путь решения задачи позволяет обеспечить доступность и простоту работы с информацией по опорным разрезам четвертичной толщи Беларуси для широкого круга пользователей.

Для просмотра карты «DATESTRA Belarus Map» следует зайти на сайт DATESTRA.BY [2]. Для внесения в базу данных определенного опорного разреза составитель должен создать Google-аккаунт и связаться с разработчиками проекта для получения доступа к редактированию карты.

В дальнейшем работы по проекту DATESTRA должны быть направлены на сведение в одну базу данных всех опорных разрезов четвертичной толщи на территории Беларуси. Первоначально будет достаточным оформление материалов в формате KML. База данных должна быть открыта для всех геологических разрезов, в том числе и не имеющим абсолютных датировок или палеонтологических данных. Но значение опорных разрезов, по которым получен максимально полный комплекс геологической информации должно быть подчеркнуто особенно. То есть база данных должна иметь определенный рейтинг геологической информативности. В последующем полученная база данных будет обработана специалистами проекта DATESTRA и информация о геологической изученности осадков квартера Беларуси получит общеевропейскую доступность. Полученные результаты при интеграции их с цифровой моделью геологической карты смогут быть широко использованы внутри страны.

Наличие доступной сети опорных разрезов упростит задачи корреляции стратиграфических подразделений квартера, позволит более надежно создавать структурные схемы поверхностей разновозрастных геологических горизонтов. Это, в свою очередь, позволит на новом уровне решать задачи поиска подземных вод, строительных полезных ископаемых и др.

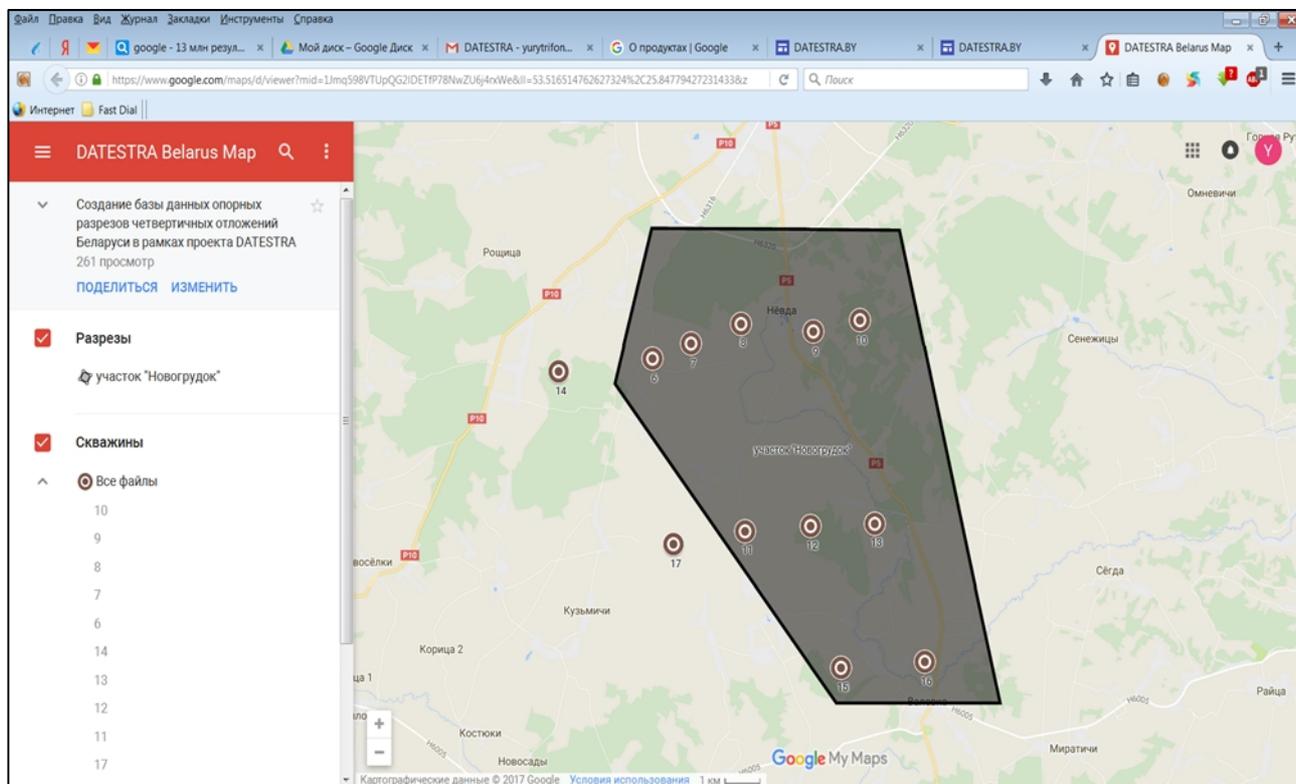


Рисунок 1 – Фрагмент электронной карты участка «Новогрудок» в верховье р. Невда

название	публикации	литологическая и палеонтологическая характеристика	абсолютное датирование
1 участок "Новогрудок"	1) Litvinjuk G. New flora of the Korchevo Interglacial of Belarus // Abstract of the second Baltic Stratigr. Confer. – Vilnius, 1993. – P. 53. 2) Литвинюк Г.И., Якубовская Т.В. Отложения корчевского межледниковья и стратиграфия четвертичной толщи Новогрудской возвышенности в бассейне реки Невды // Літасфера. - 2010. - № 1 (32). - С.31-42	Сложнопостроенная, сильно дислоцированная в нижней части толща кайнозойских отложений, в которых выделяется несколько интервалов озерных и болотных образований в позиции in situ и в отторженцах, включенных в нижние морены в виде блоков, чешуй и истонченных прослоев. Сложнопостроенная, сильно дислоцированную в нижней части толща кайнозойских отложений, в которых выделяется несколько интервалов озерных и болотных образований в позиции in situ и в отторженцах, включенных в нижние морены в виде блоков, чешуй и истонченных прослоев. В подошве четвертичной толщи распространены породы мела, на ограниченных площадях встречаются отложения палеогена и неогена. В основании четвертичного разреза в днищах ледниковых переуглублений (скважины 4, 8–10) залегает древнейшая морена наревского оледенения. В скважине 10 она представлена суглинком зеленовато-темно-серым, супесью серой и буровато-зеленой с включением до 5–10 % гравия и гальки кристаллических пород наряду с большим количеством местных пород ложа, в разрезе скважины 14 – локальной мореной, сформированной из пород ложа (палеогена?) и представленной синевато-серыми глинами и алевролитами. Мощность морены здесь до 32–70 м, в отдельных интервалах она имеет отчетливую чешуйчатую структуру и включает отторженцы мела (скважина 14). На бортах ложбины, вскрытой скважиной 10, морена выклинивается под линзой озерных отложений (скважины 7–9), из котловых я	

Рисунок 2 – Таблица данных слоя электронной карты «Разрезы» по участку «Новогрудок» как образец заполнения универсального паспорта опорных разрезов

К работе по созданию базы данных опорных разрезов четвертичных отложений Беларуси в рамках проекта DATESTRA приглашаются студенты, аспиранты, преподаватели и научные сотрудники, заинтересованные в совершенствовании стратиграфии и палеогеографии четвертичного периода. Временные рамки работы над проектом ограничены 2019 годом, так как SEQs намерены представить окончательные результаты работы над проектом в целом на Конгрессе INQUA (International Union for Quaternary Research) в Дублине (Ирландия).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. SEQs-DATESTRA. A Database of Terrestrial European Stratigraphy [Electronic resource]. – Mode of access: <http://datestra-seqs.strikingly.com/>.
2. DATESTRA-Belarus [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sites.google.com/view/datestra-by>
3. Разработка экспертной системы реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, на этапе опытно-конструкторских работ / Оношко М.П. [и др.] // Минерагения Казахстана: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Алматы, 2017. – С. 143–145.

# ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРИКЛАДНОГО ХАРАКТЕРА

---

## ПРОЕКТ ГИС «ИНВАЗИВНЫЕ ВИДЫ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ»

**Ю. И. Новикова**

студентка 4-го курса биологического факультета  
Витебского государственного университета имени П.М. Машерова

**А. Б. Торбенко**

старший преподаватель кафедры экологии и охраны природы биологического факультета  
Витебского государственного университета имени П. М. Машерова

Борщевик Сосновского, являясь инвазивным видом на территории нашей страны, представляет определенную опасность для видового разнообразия и состояния флоры в целом на всей территории Витебской и других областей Республики Беларусь. Появляясь в составе фитоценоза борщевик «захватывает» данную территорию за несколько вегетативных сезонов. Быстрое распространение данного растения приводит к резкому снижению численности и биоразнообразию аборигенных растений данной местности, что негативно сказывается на показателях устойчивой системы живых организмов. Доминирование нескольких видов – признак устойчивой системы, но при появлении борщевика – доминирование смещается в одну сторону, лишая ресурсов для нормального развития аборигенные растения, за которыми и исчезают и животные организмы, для которых субстратом для существования были эти растения.

В настоящее время борьба с инвазивными видами выходит на первоочередной план наравне с минимализацией влияния антропогенной деятельности на биоту. Республика Беларусь обязалась производить своевременную работу по искоренению распространения инвазивных видов, подписав соответствующую конвенцию о биологическом разнообразии на «Саммите Земли 1992 г.» в Рио-де-Жанейро.

*Постановка проблемы:* для разработки мер по борьбе с распространением необходим ресурс, на базе которого можно производить анализ и прогнозирование распространения инвазивных видов по территории областей.

*Цель:* создание пользовательской ГИС для хранения, представления и анализа информации об инвазивных видах на территории Витебской области.

*Задачи:*

- подобрать наиболее подходящую ГИС-платформу для выполнения работ;
- спроектировать структуру и классификатор ГИС;
- подобрать и оформить картографическую основу ГИС;
- заполнить базу данных об инвазивных видах;
- провести первичный анализ данных и сделать выводы о состоянии популяций борщевика на территории Витебской области.

*Исходными материалами* для осуществления проекта являлись:

- данные полевых исследований проводимые сотрудниками ботанического сада и кафедры экологии ВГУ им. П.М. Машерова на территории административных районов Витебской области;

- данные космо- и аэрофотосъемки, земельно-информационная система Республики Беларусь (ЗИС РБ), картографические материалы;

- открытые источники Google map, Яндекс карты, Земля Google, SAS-Планета и др.;

- тематические отчеты лесхозов, областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды, исполнительных органов местной власти, сельскохозяйственных и иных предприятий, статистические данные.

Одной из ключевых задач работы над проектом является выбор платформы для работы.

Выбор производился между несколькими программными продуктами: MapInfo, ArcGIS, Панорама, AutoCAD Map.

Для проведения анализа и создания базы данных был создан классификатор к ГИС «Инвазивные виды Витебской области», включающий данные параметры каждой из колоний. Структура классификатора представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификатор «Инвазивные виды Витебской области»

<i>Наименование</i>	<i>Тип информации; количество допустимых символов</i>	<i>Характеристика</i>
ID	Целое	Индикационный номер колоний инвазивного вида (уникальное значение)
Wn	Целое	Рабочий номер инвазивного вида внутри таблицы
N	Символьное; 10	Номер точки обследования в записях полевых исследований, GPS, файлах kml, обменных файлах и т.д., соответствующий ближайшей колонии инвазивного вида
H	Десятичное; 15/3	Высота участка над уровнем моря
x	Вещественное	Долгота точки измерений или центра полигона
y	Вещественное	Широта точки измерений или центра полигона
S	Десятичное; 15/3	Площадь ареала пораженной территории
Z	Символьное; 250	Землепользователь, на землях которого наблюдается инвазивный вид
L	Символьное; 250	Тип земель по кадастру ЗИС РБ
F	Символьное; 25	Форма ареала
C	Символьное; 100	Состояние, динамика и роль колонии в фитоценозе
M	Символьное; 100	Мероприятия по ограничению распространения (подрезание, кошение, гербицид, перепашка)
R	Символьное; 100	Рекомендации по борьбе (подрезание, кошение, гербицид, перепашка территории на части популяции и засев травами)
D	Символьное; 25	Дата обследования
p	Символьное; 250	Подробные схемы расположения, спутниковые снимки
f <sub>1</sub> – ... f <sub>n</sub>	Символьное; 250	Фотографии объектов

На основе данного классификатора была создана база данных, при полном заполнении которой можно получить наиболее подробную и емкую информацию по каждому из объектов – колоний борщевика Сосновского.

Некоторые из характеристик имеют свою собственную градацию, при подробном рассмотрении которых можно получить наибольшую информацию, помещенную в небольшие разделы таблицы базы данных.

Тип земель, согласно кадастру ЗИС РБ: земли населенных пунктов, земли организаций связи, земли сельскохозяйственного назначения, полигоны ТКО, придорожные полосы/дороги.

Состояние, динамика и роль колонии в фитоценозе: отсутствует – полное уничтожение колонии борщевика на данном участке; крайне угнетен – крайняя степень подавления, но при наличии незначительных размеров целых растений или их фрагментов; угнетен – наличие в небольших количествах нескольких растений оставшихся после проведения специальных мероприятий по борьбе; стабилен – отсутствие систематических мероприятий по борьбе и, как следствие, устойчивое развитие и распространение борщевика на значительные территории (без подавления местного фитоценоза); прогрессирует – устойчивое и стихийное распространение борщевика, как правило, при ненадлежащей борьбе или полном ее отсутствии; доминирует – полное преобладание над местной флорой.

Форма ареала зависит от способа первоначального появления колонии на определенной территории: площадной – распространение ограничено определенной территорией, то есть при высаживании на сельскохозяйственные угодья, в качестве кормовых культур; ленточный – как правило, вдоль линейных объектов (чаще всего, дорог) – распространение посредством автомобильного транспорта; пятнистый, точечный и единичный – как правило, остаточные организмы после массового уничтожения колоний.

Мероприятия по ограничению распространения и рекомендации: подрезание, кошение, гербицид, перепашка территории на части популяции и засев травами.

Результатом работы стало построение базы данных, состоящих из нескольких слоев, таблиц, графиков, карт; которые в полной мере могут предоставить широкому кругу пользователей информацию в «карманной» форме, которая может быть использована в разных сферах сельского хозяйства и при проведении работ по ликвидации колоний борщевика Сосновского. На основании полученных данных можно предполагать распространение колоний борщевика на конкретных территориях.

На основе данного классификатора и сформированной базы данных была создана пользовательская ГИС, которая позволяет:

- хранить неограниченный объем информации о состоянии проблемы;
- проводить оперативное (при необходимости интерактивное) обновление данных с использованием любых источников информации (сетевые ресурсы, данные спутниковой навигации, экспедиционные исследования и т.д.);
- анализировать данные, как с помощью мощнейших встроенных инструментов, так и подключая большинство имеющихся на сегодняшний день программных ресурсов по обработке статистической информации и графики;

- представлять данные и результаты их анализа в любом удобном формате (карты, графики, диаграммы, таблицы, текст), формировать стандартизированные отчеты о состоянии проблемы, которой посвящена ГИС (рисунки 1–2);
- оперативно обеспечивать необходимой информацией государственные и хозяйственные организации на основе системы запросов и подключения ГИС к сетевым ресурсам.

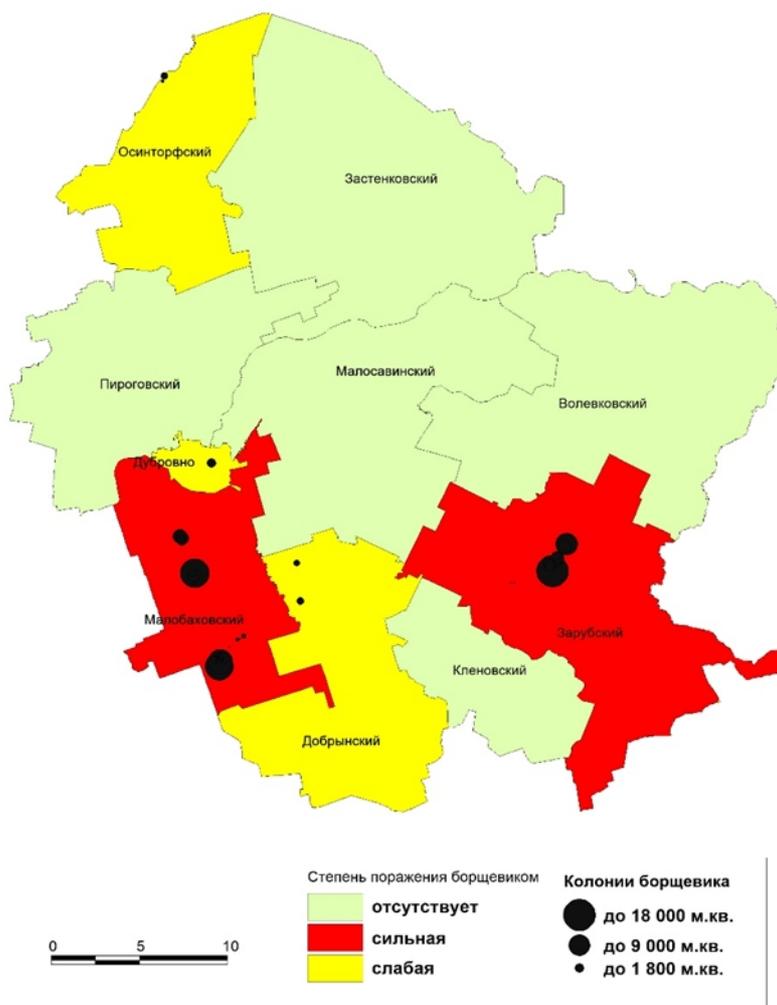


Рисунок 1 – Распространение борщевика по территории сельсоветов Дубровенского района

Итоговая обработка данных производилась посредством аналитического инструментария платформы MapInfo Professional. Использовалась также возможность ГИС подключаться к более привычным программным продуктам (например, MS Excel) которые отличаются своей доступностью и удобством в использовании для построения графиков, схем и сводных таблиц.

*Планы и стадии реализации проекта.* Первая часть проекта была реализована на территории Сенненского района Витебской области, где после полного анализа и систематизации полученных результатов определен уровень биологического загрязнения и меры борьбы с ним. К настоящему моменту проект реализован также на территории Лиозненского, Дубровенского, Ушачского и Витебского районов Витебской области. В дальнейшем планируется применение соз-

данной пользовательской ГИС для проведения аналогичных работ на территории всех районов области.

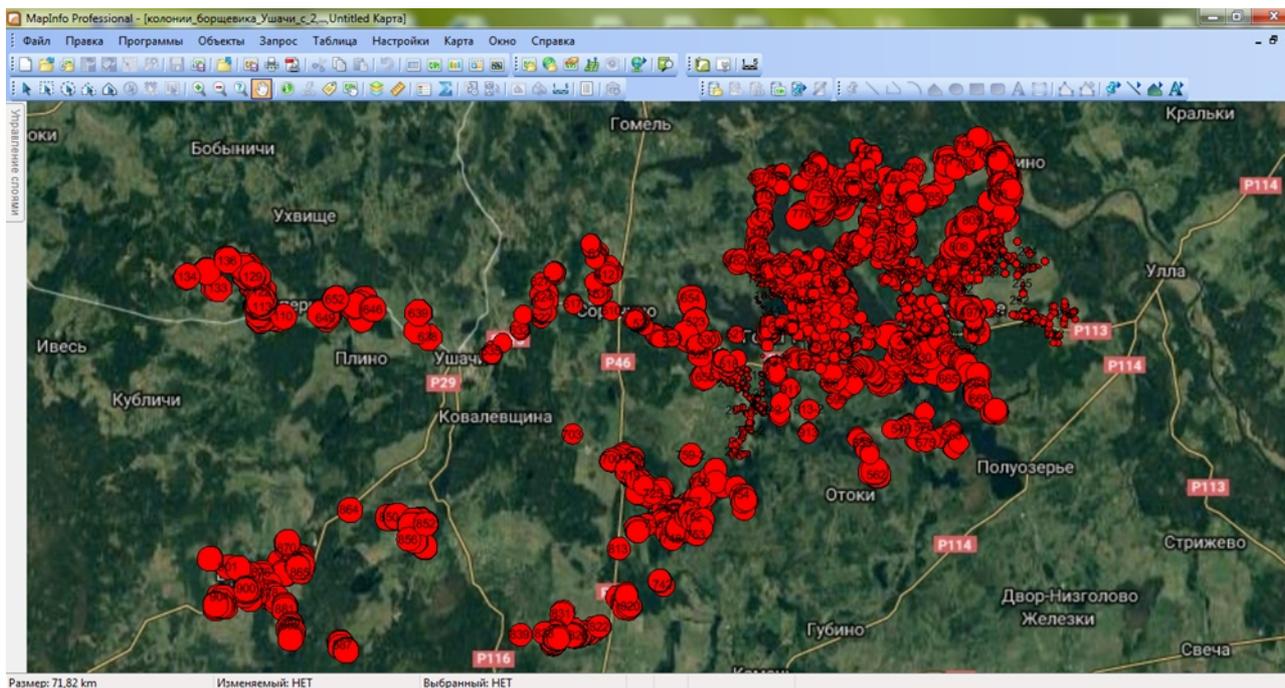


Рисунок 2 – Расположение колоний борщевика на территории Ушачского района

Таким образом, создание пользовательских тематических ГИС является прогрессивным методом для проведения исследований, который позволяет решать множество практических задач, не привлекая больших инвестиционных ресурсов, и оптимизирует трудовые затраты.

## **КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА «HERO OF THE CITY»**

**И. А. Пржевальская, Д. В. Приставко**  
студенты 4-го курса кафедры геодезии и ГИС  
инженерно-строительного факультета Полоцкого государственного университета

**П. Ф. Парадня**  
старший преподаватель кафедры геодезии и ГИС  
инженерно-строительного факультета Полоцкого государственного университета

В настоящее время остро стоит проблема обыденности. Многие люди имеют однотипный образ жизни, проводя каждый день с небольшими отличиями от предыдущего, что ведет к потере интереса к окружающему миру. А так же существует много городских, экологических проблем, принять участие в решении которых может каждый из нас, но зачастую не знает как.

Мы, студенты Полоцкого государственного университета, обучаясь и проживая в г. Новополоцке, одном из самых молодых городов Беларуси, обнаружили эти проблемы и придумали альтернативный путь для их решения.

Проект «Hero of the city», главная концепция которого заключается в игровой форме представления в виде решения квестов.

Основу программного продукта составляет карта с нанесенными проблемными точками, которые нуждаются в устранении. Каждый пользователь либо команда может выбрать квест любой сложности и за его решение получает бонусные баллы. А так же можно самим наносить на карту проблемные места в городе. Все накопленные бонусные баллы возможно реализовать по программе взаимодействия с коммерческими организациями, а лидеры получают призы и общественное признание.

В Минске и Витебске уже существует портал, который позволяет жителям отправлять запросы касающиеся жилищно-коммунальных услуг и городского хозяйства, с привязкой соответствующей проблемы к карте города. Но большинство проблем могут устранить и сами жители, а их интерес могут повысить бонусные баллы.

В данном проекте можно выделить преимущества, такие как реализация на мобильной платформе, возможность коммуникации и состязательности между игроками и командами, представление в игровой форме, а так же использование современных технологий.

Массовые игры должны предусматривать использование устройств, которые есть у всех, смартфоны и планшеты как нельзя лучше соответствуют этому условию. А представление игры на основе определения местоположения и дополненной реальности, которые у всех на слуху, но мало кто с этим сталкивается напрямую, вызывают дополнительный интерес к проекту.

Целевой аудиторией данного проекта будут являться обучающиеся в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях, так как именно этот процент населения заинтересован в игровом представлении программного продукта.

Social media marketing и привлечение общественности будет производиться через социальные сети и средства массовой информации. Использование социальных медиа и СМИ в качестве каналов для продвижения проекта является выгодным в экономическом плане и позволяет быстро повысить узнаваемость продукта.

Этот проект является хорошим примером использования ГИС для решения городских, экологических проблем. Каждый желающий сможет принять участие в благоустройстве и внести вклад в будущее города, тем самым разнообразив свой досуг.

# СОЗДАНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ АДМИНИСТРАТИВНОГО РАЙОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ДЗЕРЖИНСКОГО РАЙОНА)

**С. М. Зенькова**

студентка 4-го курса кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

**Л. И. Смыкович**

к.г.н., доцент, доцент кафедры почвоведения и ЗИС  
Белорусского государственного университета

Мелиорация земель – деятельность, направленная на коренное улучшение земель с целью обеспечения создания и поддержания оптимальных водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв для сельскохозяйственных растений, лесов и иных насаждений, путем проведения мелиоративных мероприятий.

Для Беларуси всегда был актуален вопрос проведения мелиоративных работ. Почвенно-климатические условия республики не позволяют на более 40 процентах ее территории вести интенсивное земледелие из-за переувлажнения.

Именно поэтому осушительные мелиорации, которые начаты на территории республики более 120 лет назад имеют основополагающее значение для развития сельскохозяйственного производства.

Основной целью было освоение методики создания и реконструкции мелиоративных систем с использованием ГИС на примере Дзержинского района.

Были поставлены и решены следующие задачи:

- создать ГИС-проект мелиоративных систем Дзержинского района;
- подготовить планово-картографические материалы и дать их характеристику.

Для создания ГИС-проекта мелиоративных систем района источниками данных являлись:

- Материалы инвентаризации 2014 г. в виде dwg-чертежей. Основным источником данных – на основе него создаются векторные слои мелиоративных систем, каналов, дамб, сооружений. Также согласно информации чертежа даются названия объектам, однако другая качественная информация в этих чертежах не содержится. Чертеж состоит из следующих слоев: Аннотации, Полилинии, Полигоны, Точки, Мультипатчи;

- Растры-подложки ЗИС. Служат в качестве растровой подложки для DWG-чертежей. В ArcGIS используются в основном для привязки dwg-чертежей, так как имеют координатную сетку. При создании векторных слоев используются для уточнения границ и/или местоположения объектов, исправления несоответствий согласно другим источникам;

- Космоснимки. Используются для уточнения местоположения объектов, разрешения спорных ситуаций.

Слой границ мелиорации был экспортирован из слоя Polyline материалов инвентаризации. Линейный слой «Мелиоративные системы» необходимо кон-

вертировать в полигоны, но это невозможно сделать корректно, так как линии имеют множество разрывов и пересечений и не представляют собой замкнутых контуров. Для исправления этого необходимо осуществить проверку топологии.

Была создана база данных, куда был экспортирован линейный слой, и топология. После исправления всех ошибок топологии с помощью инструмента Управление данными → Пространственные объекты → Объект в полигон в ArcToolBox линейный слой «Мелиоративные системы» был конвертирован в полигональный [2].

Полигоны в слое «Мелиоративные системы» разрезаются согласно принадлежности к конкретной мелиоративной системе, а названия даются согласно слою аннотаций DWG-чертежа. Объекты с одинаковыми названиями объединяются в составные.

После этого в слое насчитывалось 186 объектов, которые соответствуют 5-и мелиоративным системам. Для каждой мелиоративной системы с помощью инструмента Вычисление геометрии были рассчитаны площади (рисунок 1).

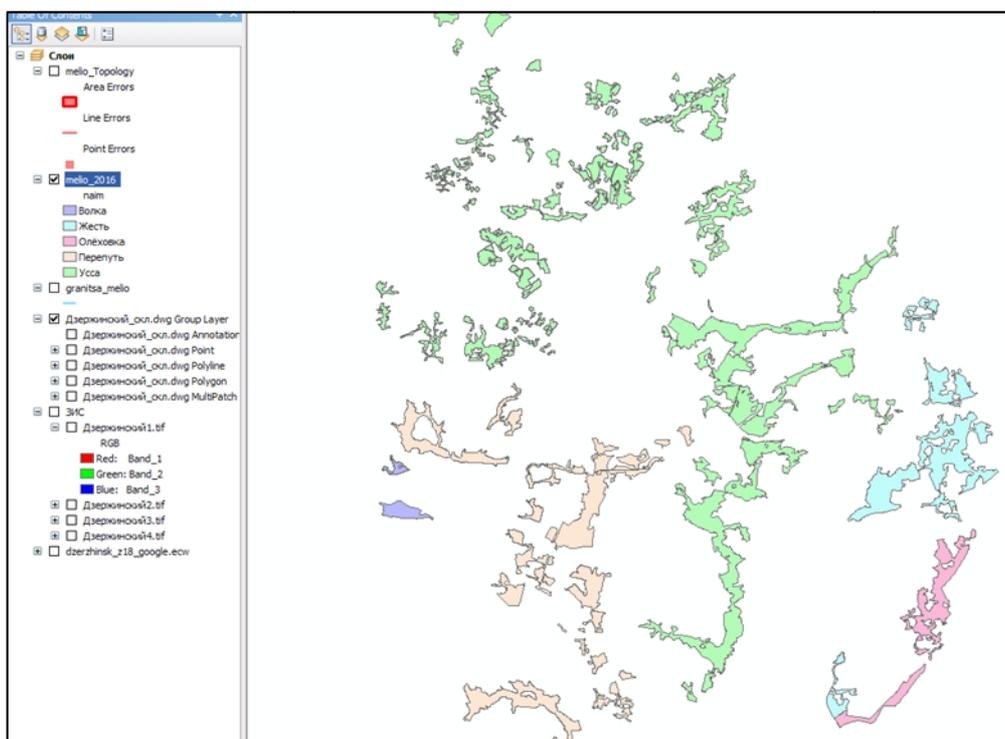


Рисунок 1 – Мелиоративные системы Дзержинского района

В окне приложения ArcCatalog создается новый шейп-файл `kanaly.shp`, который добавляется в проект как слой «Каналы». Для Дзержинского района выполнялась ручная оцифровка мелиоративных каналов по космоснимкам, растрам ЗИС и DWG-чертежам. По растровым подложкам и по космоснимкам при помощи визуального дешифрирования создавались линейные объекты. Для того, чтобы каналы были соединены, задавались настройки замыкания. После создания всех линейных объектов слоя выполняется проверка топологии, чтобы найти случайные ошибки или неточности.

В таблицу атрибутов было добавлено 2 поля: поле «name» – название водного объекта, «ms\_name» – принадлежность канала к какой-либо мелиоративной

системе. Названия давались в соответствии с подписями в слое Annotation в DWG-чертеже, если таковые имелись.

Чтобы определить принадлежность каналов к определенной мелиоративной системе был использована «Выборка по атрибуту». Калькулятором полей в колонку «ms\_name» выбранных каналов вносилось название системы (рисунок 2) [2].

FID	Shape *	OBJECTID	SHAPE Leng	name	ms_name
289	Polyline	315	353,766785	OC-1 (П-1)	Перелуть
830	Polyline	918	131,092172	OC-1 (П-1)	Перелуть
982	Polyline	1079	1382,337823	OC-1 (П-2)	Усса
285	Polyline	311	513,230729	OC-1 (П-3)	Перелуть
815	Polyline	901	136,661836	OC-1 (П-3)	Перелуть
240	Polyline	264	213,698459	OC-1 (П-4)	Перелуть
104	Polyline	115	396,458553	OC-1 (Павловский канал)	Перелуть
252	Polyline	276	393,68656	OC-1 (Перелуть)	Перелуть
308	Polyline	334	676,570104	OC-1 (Перелуть)	Перелуть
806	Polyline	892	274,062806	OC-1 (Перелуть)	Перелуть
1207	Polyline	1347	253,048225	OC-1 (Поженин ручей)	Перелуть
596	Polyline	661	315,46257	OC-1 (P-1)	Усса
464	Polyline	502	133,843471	OC-1 (Репуса)	Усса
592	Polyline	656	106,25509	OC-1 (Репуса)	Усса
598	Polyline	663	213,833976	OC-1 (Репуса)	Усса
805	Polyline	891	192,611746	OC-1 (C-1)	Перелуть
149	Polyline	165	605,22732	OC-1 (C-2)	Перелуть
182	Polyline	199	640,726837	OC-1 (C-3)	Перелуть
120	Polyline	133	259,74271	OC-1 (C-7)	Перелуть
152	Polyline	168	496,863075	OC-1 (Ситницкий канал)	Перелуть
192	Polyline	210	657,470088	OC-1 (Ситницкий канал)	Перелуть
525	Polyline	565	194,491293	OC-1 (У-0-0-1)	Усса
555	Polyline	598	401,60688	OC-1 (У-0-4)	Усса
604	Polyline	669	508,747537	OC-1 (У-1)	Усса
979	Polyline	1076	375,02269	OC-1 (У-1)	Усса
511	Polyline	550	390,219156	OC-1 (У-2-2)	Усса
362	Polyline	394	795,908842	OC-1 (У-2)	Усса
771	Polyline	851	150,193986	OC-1 (У-2)	Усса

Рисунок 2 – Таблица атрибутов слоя «Каналы»

На заключительном этапе создавался точечный слой сооружений. Для этого использовался слой Point из DWG-чертежа. Из 5 978 объектов слоя были выбраны все точки, отображающие местоположение автомобильных и пешеходных мостов, шлюзов-регуляторов, труб-переездов и труб-регуляторов. Выделены они с помощью запроса {"Layer" = '\_inv ГТС мосты автодорожные' OR "Layer" = '\_inv ГТС мосты пешеходные' OR "Layer" = '\_inv ГТС переезды трубчатые' OR "Layer" = '\_inv ГТС регуляторы трубчатые' OR "Layer" = '\_inv ГТС шлюзы-регуляторы'} в инструменте «Выбрать по атрибуту». С помощью Данные → Экспорт данных точки экспортированы в класс пространственных объектов. Всего 289 объектов. Из них:

- мосты автодорожные – 7;
- мосты пешеходные – 12;
- переезды трубчатые – 172;
- регуляторы трубчатые – 83;
- шлюзы-регуляторы – 15.

Для удобства редактирования местоположения сооружений была создана топология с одним правилом «Точка должна лежать на линии». Точки исправлены вручную.

Для быстрого заполнения названий каналов, на которых расположены ГТС, и МС, к которым они относятся, был использован инструмент Анализ → Наложение → Пространственное соединение.

В итоге были полностью созданы и отредактированы слои мелиоративных систем, каналов и мелиоративных сооружений Дзержинского района, создана карта мелиоративных объектов (рисунок 3).

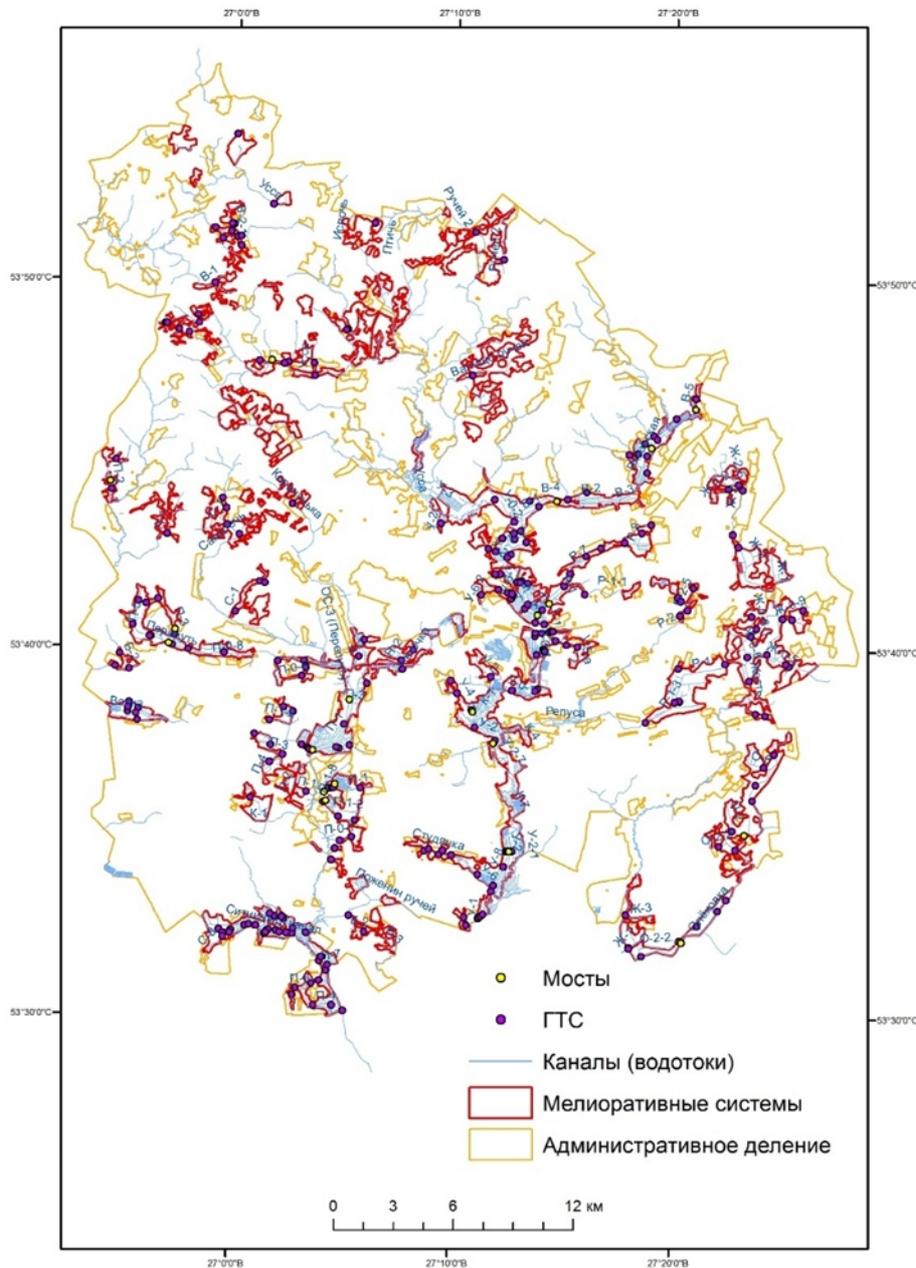


Рисунок 3 – Карта мелиоративных объектов Дзержинского района

В ходе работы были обнаружены неточности и противоречия в исходных данных. В целом, созданная ГИС мелиоративных объектов, позволяет наглядно видеть структуру мелиоративной сети Дзержинского района, а также проводить измерения, анализ и статистические вычисления небольшой точности. Для повышения функций мониторинга и анализа необходимо использовать более точные данные о мелиоративных системах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вахонин, Н.К. Развитие геоинформационных средств для информационного обеспечения принятия решений по реконструкции и сельскохозяйственному использованию мелиорированных земель / Н.К. Вахонин, В.В. Бонцевич // Мелиорация переувлажненных земель. - 2006. - № 1. - С. 5-11.
2. Вахонин, Н.К. Автоматизация проектирования осушительной сети на основе геоинформационных систем / Н.К. Вахонин, Г.Ч. Сыровинская // Мелиорация. - 2013. - № 2 (70). - С. 16-21.
3. Курлович, Д.М. ГИС-картографирование земель: учеб.-метод. пособие / Д.М. Курлович. – Минск: БГУ, 2011. – 244 с.

## ОЦЕНКА ЗАШУМЛЕННОСТИ ПРИАЭРОДРОМНОЙ ТЕРРИТОРИИ ГОМЕЛЬСКОГО АЭРОПОРТА СРЕДСТВАМИ ГИС

**Н. Г. Литвинко, М. М. Максимов**

аспирант и студент магистратуры кафедры почвоведения и ЗИС  
географического факультета Белорусского государственного университета

**Н. В. Ковальчик**

к.г.н., доцент, доцент кафедры почвоведения и ЗИС  
географического факультета Белорусского государственного университета

**Д. М. Курлович**

к.г.н., доцент, заведующий кафедрой почвоведения и ЗИС  
географического факультета Белорусского государственного университета

Разработчики градостроительных проектов развития территории, органы местного управления и застройщики нуждаются в достаточной точности определения расчетных границ распространения авиационного шума (АШ). Согласно результатам исследования специалистов Центра экологической безопасности гражданской авиации и Московского государственного технического университета гражданской авиации, для аэродромов и посадочных площадок со среднегодовым количеством менее 2000 взлетно-посадочных операций для установления границ санитарно-защитных зон (СЗЗ) рекомендуется использовать критерии максимального уровня звука (L<sub>Аmax</sub>), параметры которого приведены в таблице 1. Пороговые величины подтверждены результатами инструментальных измерений, выполненных аккредитованной лабораторией в условиях применения двухкамерных поворотных-откидных окон в жилых домах вблизи маршрутов движения ВС аэродрома Внуково [1].

Таблица 1 – Допустимые скорректированные максимальные уровни АШ для аэродромов с низкой интенсивностью полетов

Время суток	Допустимые уровни звука, L <sub>Аmax</sub> , дБА	
	Зона «А»	Зона «Б»
День (с 07:00 до 23:00)	71–85	> 85
Ночь (с 23:00 до 07:00)	61–75	> 75

Описанный выше подход к определению границ СЗЗ приемлем для всех областных аэродромов Беларуси, кроме Национального аэропорта «Минск», где совершается более 20 тыс. взлетно-посадочных операций в год. Для аэродрома Гомель он применим полностью (поскольку он работает круглосуточно), для остальных объектов в качестве границы СЗЗ рекомендуется дневная изолиния уровня шума в 70 дБА.

Исследуемым объектом был выбран аэродром Гомель, который имеет относительно высокую интенсивность полетов. Исходными материалами изучения стали текущее расписание рейсов и данные об интенсивности полетов воздушных судов (ВС) за два последних года от РУП «Белаэронавигация». Из основных обслуживаемых аэропортом самолетов, большую часть составляют самолеты малой пассажироплощадности и, как следствие, оказывающие низкую шумовую нагрузку на приаэродромную территорию. Поскольку в декабре 2016 г. авиакомпания «Белавиа» прекратила эксплуатацию самолетов Ту-154, основной шумовой фон на приаэродромной территории сейчас производят самолеты Boeing нескольких поколений. Это подтверждается структурой типов ВС, принимаемых в три наиболее интенсивных по числу совершаемых операций месяца работы аэропорта – с июля по сентябрь (рисунок 1).

Во время проведения полевых работ с июля по сентябрь 2017 г. использовался поверенный и сертифицированный Шумомер 1 класса точности «Экофизика-110А» [4]. Измерения проводились во время эксплуатации ВС Boeing 737 и Canadair Regional Jet 200 на взлетно-посадочной полосе аэродрома Гомель: в торцах полосы (т.е., на безопасном расстоянии от границы ВПП), на перроне, на приаэродромной территории – с шагом размещения точек измерений через каждый километр по траектории взлета-посадки воздушных судов и на различном удалении от траектории (до 1 км перпендикулярно оси взлета посадки) и до 1 км от вдоль оси ВПП. Необходимо отметить достаточную трудоемкость и продолжительность подобной полевой работы вследствие того, что курс взлета-посадки ВС может измениться непосредственно перед планируемым замером, и зачастую подготовленное измерение не удавалось выполнить из-за наличия только одного прибора. Поэтому объем полученных данных не позволил охватить весь расчетный контур СЗЗ.

Для выполнения геоинформационного картографирования было выбрано программное обеспечение ArcGIS 10.3, имеющее хорошо отлаженные наборы инструментов интерполяции. Были опробованы наиболее подходящие для целей исследования метода интерполяции – метод обратно взвешенных расстояний (ОВР) и метод Естественной окрестности (также известный как интерполяция Сибсона или «захватывающей области»). При сопоставлении полученных результатов лучше себя показал метод «Естественной окрестности», наиболее адекватно отображая результаты измерений в соответствии с описанными в нормативных документах закономерностями рассеяния звука.

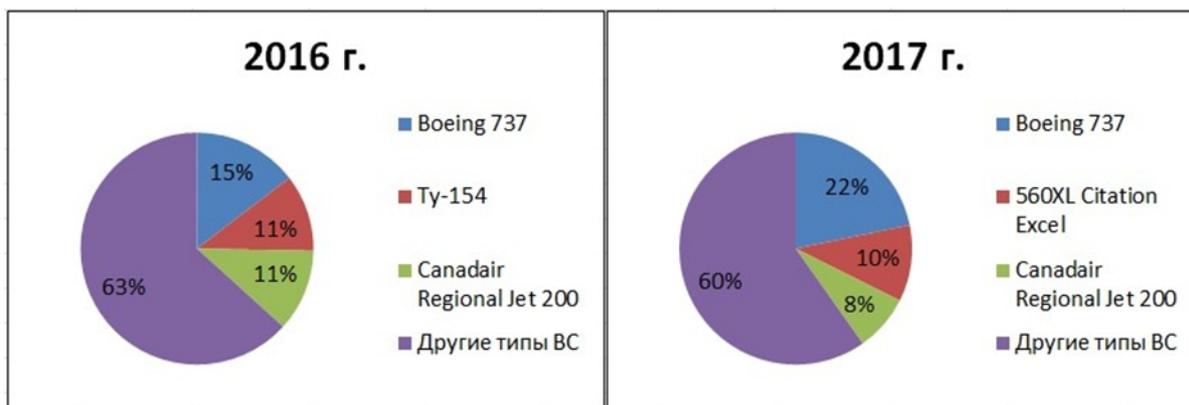


Рисунок 1 – Основные типы воздушных судов по количеству операций «взлет-посадка» в аэропорте Гомель за три месяца в году с наибольшей интенсивностью полетов, 2016–2017 гг.

Результаты интерполяции предназначены для анализа зашумления земель приаэродромной территории аэропорта Гомель (рисунок 2). Определение контуров зашумления произведено согласно описанному выше подходу для аэродромов с низкой интенсивностью полетов для зоны Б по критерию  $L_{Amax} > 85$  дБА (день) и  $L_{Amax} = 75-85$  дБА (ночь). Расчет структуры земель в пределах зон зашумления выполнен методом переклассификации растра по данным интерполяции и его конвертации в векторный формат данных для получения полигонального слоя границ зоны зашумления. Далее выполнялись сопоставление полигонального контура со слоем Land земельно-информационной системы (ЗИС) Гомельского района и подсчет площади типов земель при помощи инструмента «Суммарная статистика площадей».

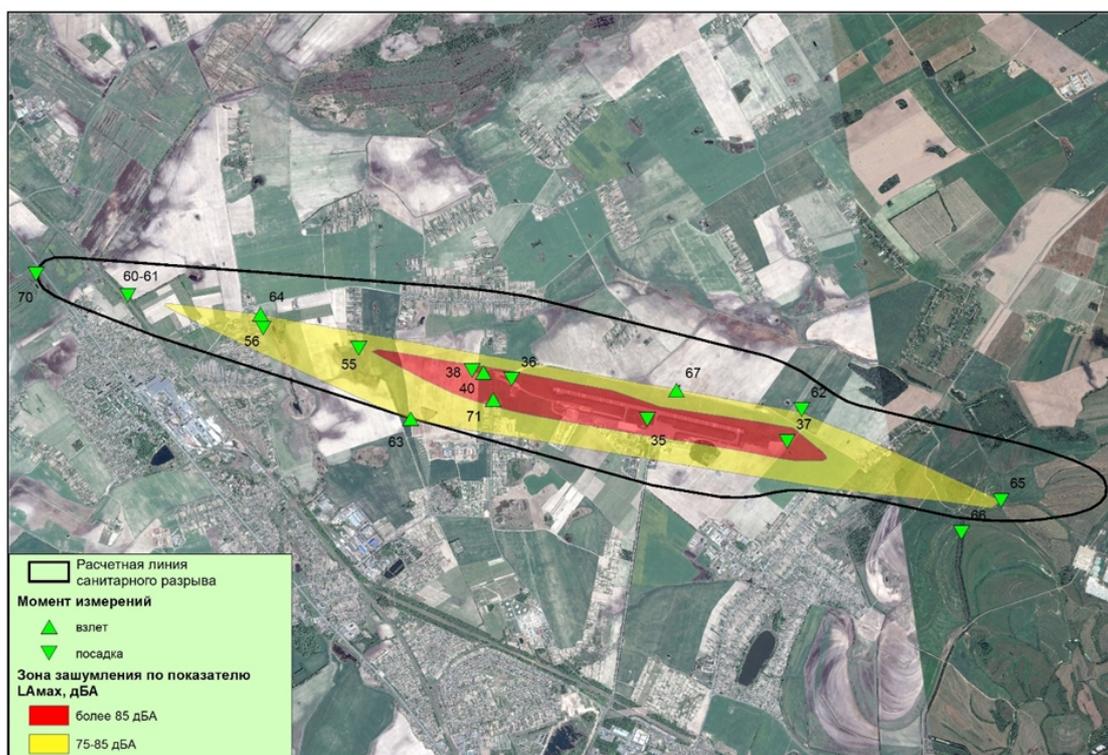


Рисунок 2 – Результаты интерполяции величин авиационного шума методом «Естественная окрестность» по показателю  $L_{Amax}$  на приаэродромной территории аэропорта Гомель

На рисунке 2 показан также расчетный контур границы санитарного разрыва по показателю  $LA_{экв}=65$  дБА из уже отмененного ГОСТ 22283-88. Сравнение расчетного контура с полученным в результате интерполяции инструментальных измерений еще раз подтверждает неточность графических расчетных методик построения равных контуров звука, поскольку полученный контур в 75 дБА частично накладывается на расчетную границу санитарного разрыва. В результате выполнения ГИС-анализа результатов интерполяции получен контур зоны зашумления, ограниченный изолинией в 75 дБА. Площадь данной территории составляет 9 265 212,78 м<sup>2</sup> и характеризуется наличием 17 типов земель, основные из которых представлены на рисунке 3. При детальном анализе полученных контуров в пределах северных окраин г.п. Костюковка, д. Красный Маяк, д. Поколюбичи, а также южной части д. Лопатино и д. Калинино можно выявить отдельные здания и сооружения, нуждающиеся в планировании шумозащитных мероприятий по санитарно-гигиеническим стандартам. Ранее выполненными исследованиями установлено, что повсеместно применяемые окна и наружные конструкции домов экономичного класса в ночное время суток могут обеспечить снижение шумовой нагрузки до требуемого параметра в 45 дБА [4]. Наиболее доступными средствами защиты существующей жилой застройки от АШ является применение специальных шумозащитных полос зеленых насаждений, состоящих из нескольких плотных рядов кустарников и ряда деревьев с сомкнутыми кронами с посадкой их в «шахматном» порядке. Значительно увеличиваются звукоизолирующие качества таких полос в сочетании с экранирующим барьерным экраном [2].

Для получения более детальной картины зашумления и определения площади зоны А целесообразно продолжить серию инструментальных наблюдений в сочетании с реализацией одной из расчетных методик определения равных контуров звука.

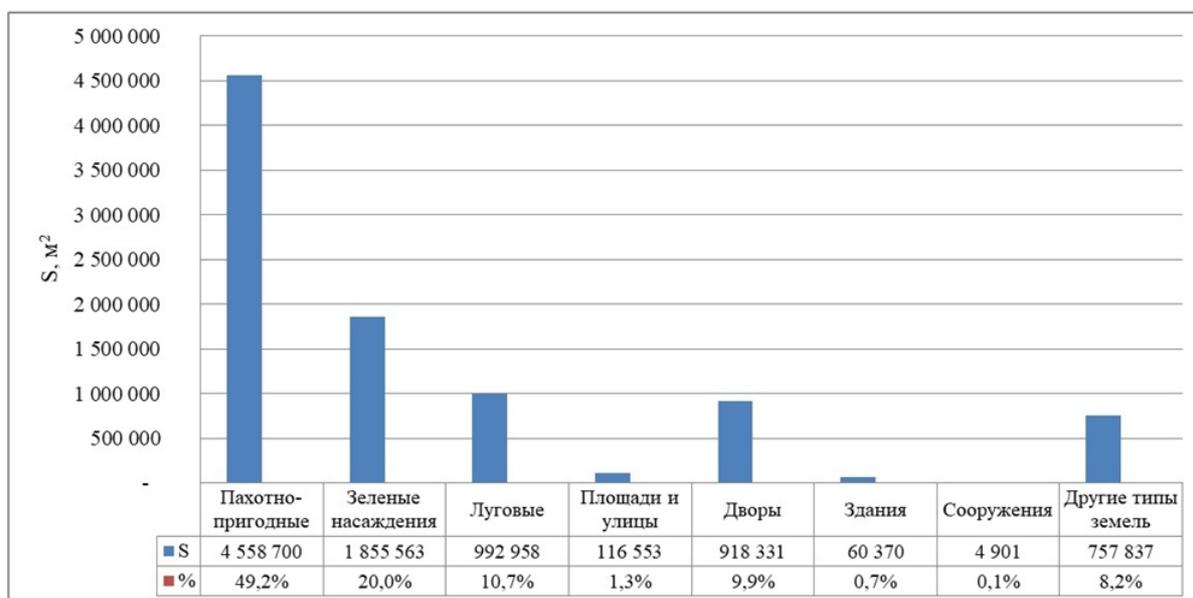


Рисунок 3 – Типы земель зоны Б приаэродромной территории аэропорта Гомель по фактору авиационного шума (> 75 дБА)

Что касается других аэродромов страны, то повторение выполненного для аэропорта Гомель комплекса полевых работ проблематично из-за низкой интенсивности полетов и, соответственно, очень длительного периода работ. Однако, для них можно рекомендовать следующую методику полевых работ: проведение как минимум 10-ти измерений при совершении взлетно-посадочных операций ВС наиболее шумных типов 2-мя откалиброванными между собой шумомерами. В таком случае, основной задачей как при выполнении инструментальных замеров, так и интерполяции результатов является определение дневных границ зон зашумления зоны (А и Б) и определение непосредственно линии санитарного разрыва, например, согласно приведенному выше подходу  $L_{Amax} = 70$  дБА. Здесь можно предложить сделать измерения в километре от конца взлетной полосы, затем в 400–500 м перпендикулярно от оси взлета-посадки; для ограничения зоны А – в 7 км по оси взлета-посадки от концов полосы и в 4 км от конца полосы также выполнить смещение от оси на расстояние в 1 км, в завершение заложить несколько точек вдоль полосы на окраине ближайшей застройки.

Таким образом, для установления границ санитарного разрыва на приаэродромных территориях целесообразным является использование ГИС-картографирования данных полевых измерений авиационного шума в сочетании с расчетными методиками. Однако при планировании как полевых работ, так и расчетно-графических работ на аэродромах Беларуси необходимо учитывать характерную для них низкую интенсивность полетов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Картышев, О.А. Критерии оценки авиационного шума для зонирования приаэродромной территории аэропортов и обоснования защитных мероприятий / О.А. Картышев, Н.И. Николайкин. – Научный вестник МГТУ ГА. – 2017. – Том 20. – №3. – С. 30–40.
2. Сухорукова, И.А. Снижение авиационного шума на приаэродромных территориях / И.А. Сухорукова // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2014. – №1. – С. 233–236.
3. Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения: ГОСТ 22283-2014. – Введ. 09.06.2014. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации: ФГУП «НИИСУ». – 2015. – 13 с.
4. Шумомер-виброметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110А. Руководство по эксплуатации: Редакция 17.0. Приборостроительное объединение «ОКТАВА-электродизайн». – Москва, 2011. – 93 с.

# **ПРИВЯЗКА ДАННЫХ GPS-УСТРОЙСТВ К МОДЕЛИРУЕМОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ В ЗАДАЧАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

**М. П. Циунель**

студент 4-го курса кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

**Е. Н. Полячок**

студент магистратуры кафедры компьютерных технологий и систем факультета прикладной  
математики и информатики Белорусского государственного университета

**О. В. Базаревич**

студент магистратуры кафедры транспортных систем и технологий  
автотракторного факультета БНТУ

**П. Н. Астапеня**

преподаватель кафедры транспортных систем и технологий  
автотракторного факультета БНТУ

**С. Н. Прокопович**

к.г.н., доцент кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

В настоящее время изучение влияния транспорта на природные и социальные компоненты окружающего мира является одной из актуальных проблем для изучения. С развитием электроники получение маршрутов движения является все более простой задачей, так как практически все актуальные модели мобильных устройств оснащены приемниками сигналов систем глобального позиционирования.

Так как около 85 % выбросов в окружающую среду в городах производит именно автотранспорт, актуальной задачей является определение таких показателей транспортного потока, как: интенсивность движения, состав транспортного потока и средняя скорость в различные промежутки времени. Данные показатели можно использовать для определения влияния автотранспорта на атмосферу, т.е. для подсчета количества выбросов выхлопных газов. В свою очередь, с помощью замеров с GPS-устройств можно получить данные по средней скорости движения.

Так как на качество данных GPS влияет множество факторов (растительность, застройка, погрешность самого устройства), то необходимо обеспечить «чистку» треков от «шумов». А затем уже обработанные треки можно соотносить с дорожной сетью.

При выполнении работ использовалось программное обеспечение, в основном распространяющееся под лицензиями BSD, MIT и схожих с ними: операционная система Ubuntu 16.04, СУБД Postgresql 9.6 (pgadmin4 2.0, а также расширение для работы с геоданными Postgis 2.3), QGIS 2.18.13.

Для обработки был взят набор GPS-треков, предоставленными различными транспортными предприятиями, а также находящиеся в свободном доступе на специализированных ресурсах наборы треков.

При обработке данных использовалась СУБД Postgresql, в которую загружались все исходные GPS-треки. Все обработанные треки хранятся в одной таблице, в которой хранится: идентификационный номер (ID), геометрия (geom) каждой точки трека, ее время (times) и хеш-сумму (hash\_sum\_file) файла трека.

Важнейшим аспектом обработки данных являлась их чистка от шумов, несоответствия с сетью и т.д. Для решения данной задачи был разработан алгоритм обработки, который включал в себя поиск ближайших линий дорожной сети (не далее 30–50 метров, в зависимости от качества трека), расчет временных интервалов между точками (не более 120 секунд, если точка близко к перекрестку (40 метров), в ином случае не более 60 секунд), расчет скорости (допустимая скорость не более 120 км/ч).

Для подтверждения правильности выполнения обработки проводится визуальный анализ. Он выполнялся с помощью QGIS, куда загружались все полученные точки и проверялось их положение относительно сети.

Для визуализации средней скорости потоков была выбрана разбивка на интервалы в один час. Затем была произведена привязка точек к ближайшим линиям моделируемой транспортной сети на основании расстояния и азимута. После этого был произведен расчет и ввод средней скорости на каждом отрезке дороги в таблицу атрибутов каждой линии.

Затем было подсчитано общее количество выбросов, создаваемых автомобильным транспортом на основании методики COPERT 4 (COmputer Programme to Calculate Emissions from Road Transport). COPERT оценивает выбросы всех регулируемых загрязнителей воздуха (CO, NO<sub>x</sub>, VOC, твердых частиц) в разрезе различных категорий наземного транспорта (легковые автомобили, легкие грузовики, трейлеры, мопеды и мотоциклы), как и выбросы, причем делает это на базе потребления топлива. Посредством Geoserver была создана цифровая карта выбросов автотранспорта на следующие города: Лида, Брест, Солигорск, Барановичи, Пинск, Гродно (рисунок 1).



Рисунок 1 – Демонстрация возможностей визуализации выбросов

# **СОЗДАНИЕ И АНАЛИЗ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ПРИ ПОМОЩИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГИС (НА ПРИМЕРЕ МАТЕРИАЛОВ КИТАЙСКИХ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ)**

**А. А. Лукашик**

студент 5-го курса кафедры геодезии и картографии географического факультета  
Белорусского государственного университета

**Е. В. Казяк**

старший преподаватель кафедры геодезии и картографии географического факультета  
Белорусского государственного университета

Одним из существенных преимуществ технологий систем автоматизированного проектирования (далее – САПР) и географических информационных систем (далее – ГИС) над обычными «бумажными» картографическими методами исследований является возможность создания пространственных моделей в трех измерениях. Основными координатами в таких ГИС-моделях помимо широты и долготы служат также данные о высоте. При этом система может оперировать с десятками и сотнями тысяч высотных отметок, а не с единицами и десятками, что было возможно и при использовании методов традиционной картографии.

В связи с доступностью быстрой компьютерной обработки больших массивов высотных данных становится реально выполнимой задача создания максимально приближенной к действительности цифровой модели рельефа (далее – ЦМР). На основе ЦМР, в свою очередь, возможно быстрое создание серии тематических карт важнейших морфометрических показателей: гипсометрической карты, карт крутизны и экспозиций склонов, а на их основе и карт эрозионной опасности, направлений поверхностного стока, геохимической миграции элементов, устойчивости ландшафтов и т.п. Это делает информацию о рельефе важным элементом при градостроительном проектировании. В настоящей работе, на примере территорий, располагаемых в юго-западном Китае, были рассмотрены способы создания и анализа цифровой модели рельефа. Выбор объекта обусловлен имеющейся информацией на территорию высокой детальности и сложным рельефом поверхности [1].

На исследуемую территорию были предоставлены чертежи в формате DWG. Данные чертежи является проектом детальной планировки, составленный по результатам тахеометрической съемки. В каждом чертеже содержатся отметки высот, горизонтали, структурные линии.

Для создания поверхности был выбран способ нерегулярной триангуляционной сети (далее – TIN). В пределах каждого треугольника модели TIN поверхность обычно представляется плоскостью. Поскольку поверхность каждого треугольника задается высотами трех его вершин, применение треугольников обеспечивает каждому участку мозаичной поверхности точное прилегание к смежным участкам. Это обеспечивает непрерывность поверхности при нерегулярном расположении точек. При этом каждый треугольник модели помимо информа-

ции о высоте имеет атрибуты угла наклона и экспозиции, что позволяет быстро построить на базе одной модели TIN несколько тематических карт – гипсометрическую, уклонов, экспозиций – и дает возможность сделать различные виды сложного пространственного анализа, например расчет путей геохимических миграций на основе поверхностного стока [2].

Построение TIN-модели происходило в программном продукте Autodesk AutoCAD Civil 3D, который является специализированным приложением для проектирования объектов инфраструктуры и создания документации, предназначенной для землеустроителей, проектировщиков генплана и линейных сооружений [3].

Для создания ЦМР необходимо обработать или создать следующие данные: отметки высот, горизонталы, отметки урезов воды и структурные линии (бровки, террасы, откосы, водоразделы, ложбины стока).

Данные с DWG – чертежа были конвертированы в shp.-файлы, удобные для редактирования, и привязаны в ArcGIS ArcMap с помощью инструментов векторной трансформации, к растровому изображению, используя простейший метод трансформации – аффинное преобразование.

После этого, в Civil3D произведено построение при помощи функций в «Области инструментов» → «поверхности» → «объекты чертежа». Таким образом, чтобы при создании цифровой модели рельефа добавлялись точки и горизонталы (как объекты чертежа) в созданную поверхность и, автоматически, построить TIN-модель. Но, исходя из опыта создания поверхностей, необходимо создать две поверхности по данным ГИС с указанием высот из атрибутивного поля “elevation”: из точек и горизонталей, а затем соединить в новой поверхности. Этот алгоритм позволяет избежать потери части атрибутивных данных высот, созданных в ArcGIS точек и полилиний.

Поскольку конфигурация треугольников была не корректная, выполнена переброска ребер треугольников для правильной интерполяции горизонталей и построения поверхности.

Затем, необходимо было скорректировать модель, построив коридоры трассы. В этом случае, набор функций Autodesk Civil 3D позволяет выполнить эту задачу оперативно. Построение выполняется следующим путем:

1. Прорисовывается трасса, по которой пройдет коридор дорожного полотна. Операция выполняется при помощи трассировки прямой или параметрической кривой.

2. Строится профиль поверхности дороги. Информация о высотах автоматически подхватывается из поверхности, по которой проходит трасса.

3. По профилю строится проектный профиль дороги.

4. Создается поперечный профиль дороги. Строится путем создания новой конструкции. Здесь мы задаем профиль дорожного полотна относительно оси дороги. Наиболее простой вариант – это простое дорожное полотно и выемка/откос с кюветом.

5. Прокладывается коридор дороги (рисунок 1).

6. Последним этапом является создание поверхности коридора по нижним звеньям. Для построения поверхности в пределах коридора задаются границы из коридора.

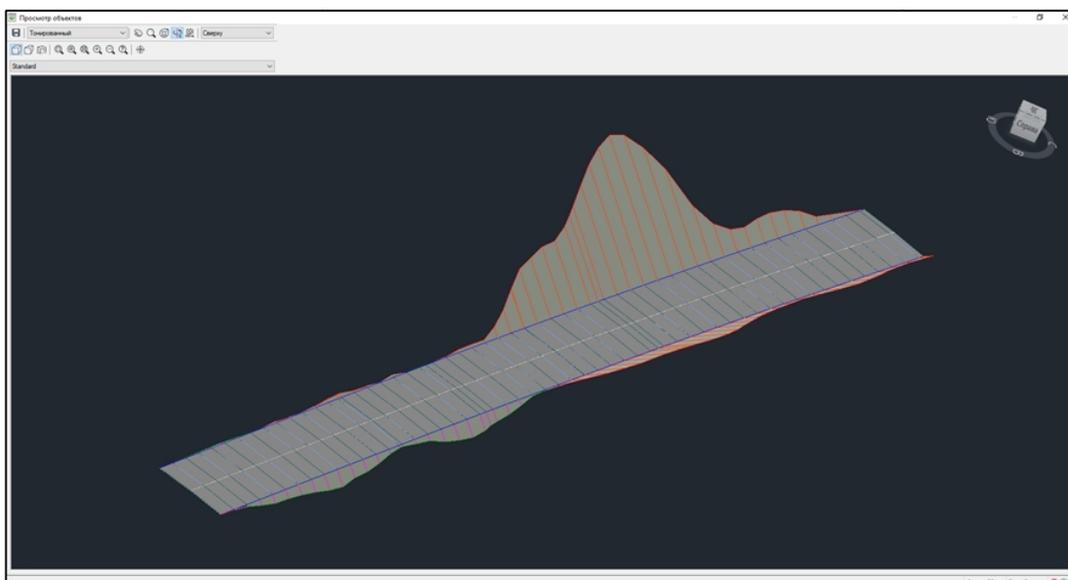


Рисунок 1 – Поверхность коридора трассы в AutoCAD Civil 3D

Полученную поверхность можно объединять с уже имеющимися. Удобство программы заключается в оперативной возможности перестроить поверхность, при перестроении коридора.

В Civil 3D предусмотрено несколько типов анализа компонентов поверхности: анализ горизонталей, направлений, отметок, откосов (в том числе анализ с применением стрелок откоса), водосборов и стоков воды [4].

В отличие от ArcGIS анализ поверхности происходит путем смены стиля поверхности. Civil 3D автоматически перестраивает поверхность и изменяет результаты анализа компонентов. Такой подход позволяет лучше увидеть артефакты исходных материалов, например, высотных отметок или горизонталей и исправить ошибки.

В результате работы были построены 4 карты наиболее удачным образом отражающие следующие показатели: гипсометрия, крутизна склонов, экспозиция по повторяемости ветров и освещенности, направление стока (рисунок 2).

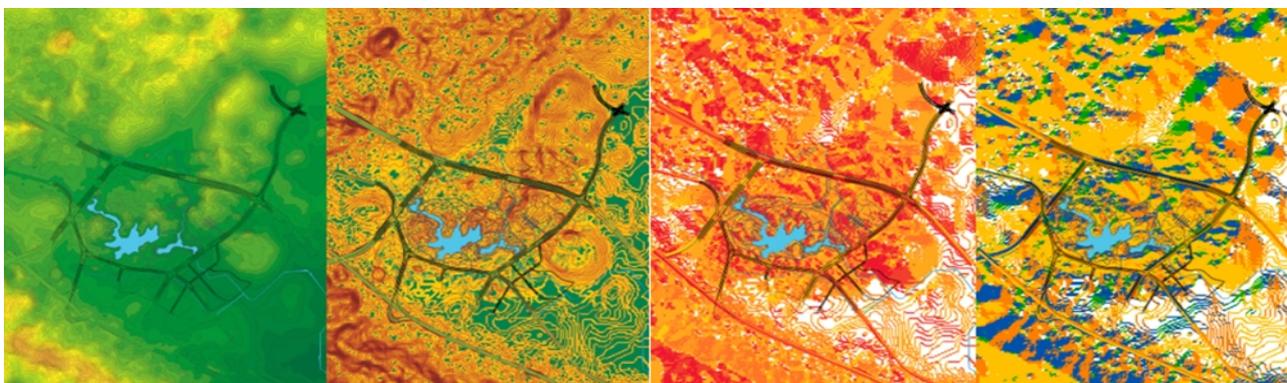


Рисунок 2 – Способы визуализации цифровой модели рельефа в Civil 3D (гипсометрия, уклоны, экспозиция склонов, направление стока)

Главным недостатком стилей поверхностей Civil 3D является отсутствие возможности редактирования стиля шкалы, а стандартные наборы шкал обладают низкой выразительностью и читаемостью. Вследствие этого приходится редактировать шкалу для каждой новой созданной поверхности.

Далее карты были экспортированы в формате .pdf в масштабе 1 : 10 000 для редактирования компоновки.

Таким образом, на основе данных высот и горизонталей была построена и скорректирована цифровая модель рельефа, которая впоследствии была проанализирована по уклонам, гипсометрии и экспозиции склонов.

Также можно сделать вывод, что инструменты построения и анализа рельефа программы AutoCAD Civil 3D позволяют с высокой детальностью дать информацию о рельефе территории, автоматическое перестроение поверхности позволяет интерактивно корректировать цифровую модель рельефа, стили отображения поверхности являются результатом анализа поверхности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хромых, В.В. Цифровые модели рельефа: Учебное пособие / В.В. Хромых, О.В. Хромых. – Томск: Изд-во «ТМЛ-Пресс», 2007. – 178 с.
2. Программа для проектирования объектов инфраструктуры | AutoCAD Civil 3D | Autodesk // Autodesk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autodesk.ru/products/autocad-civil-3d/overview>. – Дата доступа: 26.10.2017.
3. Новаковский, Б.А. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей / Б.А. Новаковский, С.В. Прасолов, А.И. Прасолова. – М.: Научный мир, 2003. – 64 с.
4. Анализ поверхностей | AutoCAD Civil 3D | Autodesk // Autodesk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/autocad-civil-3d/learn-explore/caas/documentation/CIV3D/2013/RUS/filesCUG/GUID-1BA368E5-C20D-4148-B03C-275EEE321FF9-htm.html> – Дата доступа: 26.10.2017.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ ДЛЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

**А. А. Лукашик**

студент 5-го курса кафедры геодезии и картографии географического факультета  
Белорусского государственного университета

**Е. В. Казяк**

старший преподаватель кафедры геодезии и картографии географического факультета  
Белорусского государственного университета

Трехмерное моделирование, как новый способ предоставления информации, в последнее время пользуется большой популярностью. Ценность трехмерного моделирования в том, что оно позволяет отобразить в объеме не только существующие, но и проектируемые объекты. Одним из значимых направлений применения трехмерных моделей является информационная поддержка проектных решений. 3D моделирование позволяет опробовать технические решения непо-

средственно в процессе проектирования, что радикально сокращает временные затраты и существенно повышает качество проектов.

Тем не менее, было также установлено, что универсальные алгоритмы построения и визуализации эскизных 3D-моделей систем расселения и городов отсутствуют, что затрудняет обоснование, утверждение и последующую реализацию архитектурных проектов.

В связи с этим изучение возможностей различных программных продуктов для создания и визуализации трехмерной модели местности, а также выработка и освоение способов интеграции геопространственных моделей и архитектурных сооружений при создании эскизных моделей является крайне актуальным направлением в области информационного моделирования в географии.

Предлагаемая в данной статье технология создания трехмерной модели включает ряд этапов (рисунок 1):

- 1) Подготовительный этап, на котором выполняется поиск, сбор и предобработка материалов для создания модели;
- 2) 3D-моделирования и компоновки. Этап на котором выполняется создание цифровой модели рельефа, сведение 2D-геоданных в цифровую модель местности, а также создание 3D-моделей сооружений и прочих объектов;
- 3) Визуализации. В нем происходит визуализация полученной модели.



Рисунок 1 – Этапы создания трехмерной модели

В ходе цифровой обработки геопространственных данных были обнаружены особенности, недостатки и преимущества широкого спектра программного обеспечения и интернет-сервисов. В частности рекомендуется использовать SAS-Planet, Global Mapper, Google Earth Pro, USGS – для поиска данных ДЗЗ; ресурсы GIS-lab, OpenStreetMap – для векторных геоданных; ArcGIS, QGIS – для привязки растров, векторной трансформации, оцифровки снимков; AutoCAD Civil3D – для создания и редактирования ЦМП; Autodesk Infracore 360 – для компоновки геопространственных данных в 3D-модель; 3DsMax – для трехмерного моделирования; Lumion 6 Pro – для визуализации сцены [1].

Подготовительный этап. На нем выполняется поиск данных дистанционного зондирования (аэрокосмоснимки, матрицы высот по данным радиолокационной съемки). По их данным производится дешифрирование, строится ЦМР. На основе снимков высокого, очень высокого и сверхвысокого разрешения, данных аэрофотосъемки (БПЛА) создается текстура для поверхности модели.

При отсутствии актуальных снимков, можно воспользоваться программой снимков Google Earth Pro, позволяющую найти снимки предыдущих лет. Если изображения снимков сохраняются в Google Earth, в ArcMap должна быть произведена их привязка. Далее, из привязанных изображений создается мозаика. При необходимости производится художественная коррекция в ПО Adobe Photoshop. Это необходимо прежде всего для снижения неоднородности в контрасте, яркости и цветовой передаче всех трех снимков или их частей.

Векторные данные, представленные в виде shp-файлов можно скачать с сервисов GIS-Lab и OpenStreetMap. В случае их отсутствия на данную территорию или недостаточной детальности, проводится дешифрирование материалов ДЗЗ в ГИС-пакетах (рисунок 2).

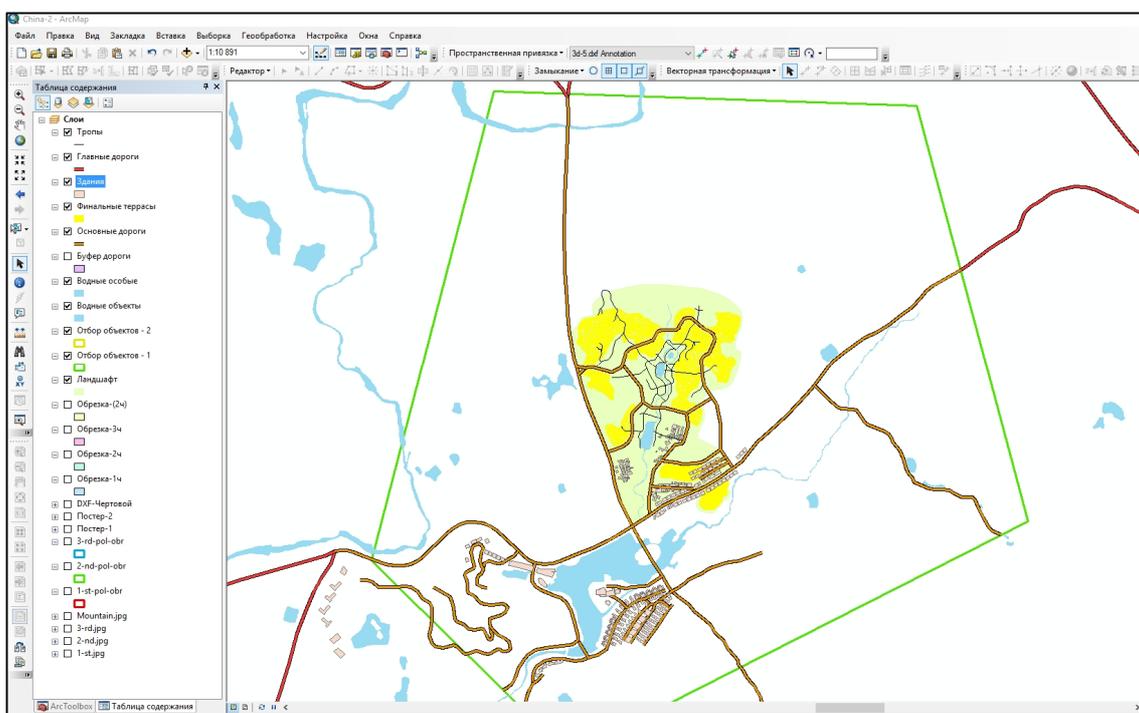


Рисунок 2 – Созданные в результате дешифрирования shp-файлы пространственных объектов

Этап трехмерного моделирования и компоновки. На этом этапе выполняется построение цифровой модели рельефа по данным съемки (лазерной, фотограмметрической, тахеометрической). Для этих целей подходит программный продукт AutoCAD Civil3D, обладающий мощным инструментарием построения и корректирования ЦМР в полуавтоматическом режиме.

Основная часть создания трехмерной модели предлагается проводить в программном продукте Autodesk InfraWorks 360. Данная программа является специализированным решением для концептуального проектирования, быстрого 3D-моделирования существующей инфраструктуры на основе данных различных

САПР и ГИС, растровых материалов, а также данных из открытых источников, оперативной разработки, анализа и визуализации нескольких вариантов проектов инфраструктурных объектов (дорог, мостов, инженерных коммуникаций, площадных объектов, участков застройки и т.д.) [2–3].

Для создания трехмерной модели в Infracore 360 необходимо скомпоновать обработанные на предыдущих этапах следующие данные: рельеф (Полученные TIN и GRID модели); изображение земли (текстуры поверхности, полученные из снимков); водные объекты; области покрытия; дороги; здания; растительность. Из растровых данных получают GRID модели и изображения земли, из векторных (shp-файлов) при задании стиля (профиля дороги, фасада и этажности здания), – объекты ситуации. TIN-модель строится на основе импортированного Land.xml-файла.

Для визуализации в Lumion необходимо произвести экспорт модели в формате \*.fbx (рисунок 3).

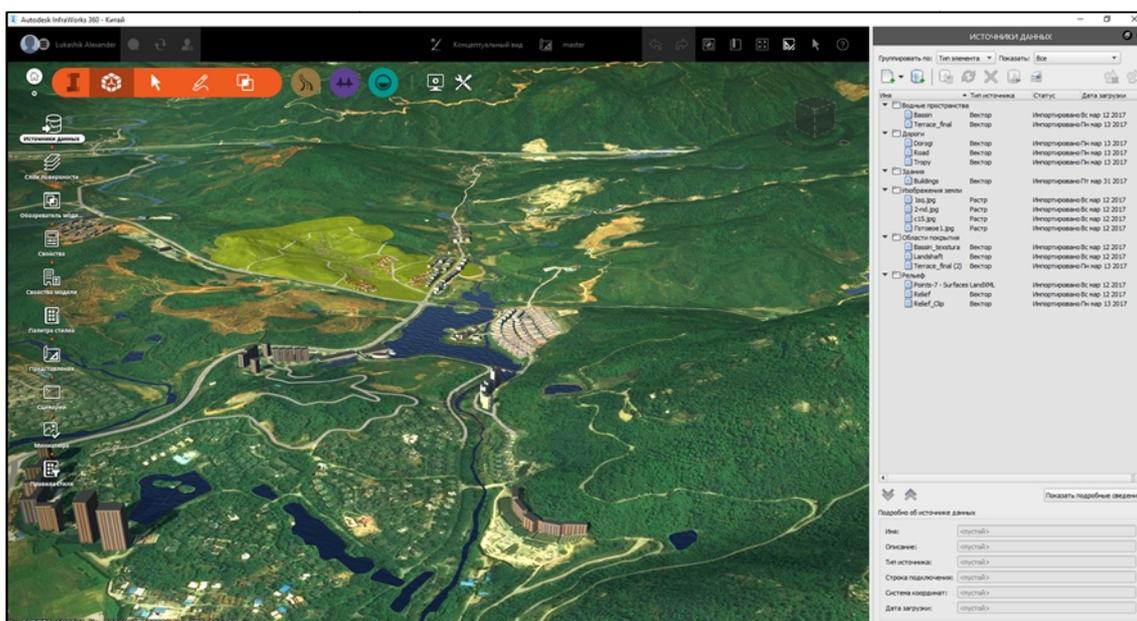


Рисунок 3 – Источники данных трехмерной модели местности в Autodesk Infracore 360

На втором этапе параллельно может производиться создание архитектурных форм в программном продукте 3DsMax – основной программе для моделирования сооружений.

Этап визуализации. Оптимальным решением для задач визуализации является программа Lumion 6 Pro. Данная программа позволяет выполнять визуализацию с высокой скоростью и приемлемым качеством.

В программу производится импорт трехмерной модели, добавляются элементы оформления из библиотеки объектов, что в конечном итоге позволяет создать демонстрационный ролик или изображение (рисунок 4) [4].



Рисунок 4 – Визуализация проекта в Lumion 6 Pro

Разработанная методика построения и качественной визуализации трехмерной модели местности для поддержки архитектурных проектов позволяет оперативно получать наглядное представление об инвестиционных проектах, что повышает шанс их реализации.

Созданная таким образом виртуальная трехмерная модель позволяет проводить визуальный контроль и оптимизировать проектные решения с учетом рельефа местности, дендроплана, имеющейся и проектируемой инфраструктуры. 3D-проекты, совмещенные с трехмерной моделью территории, дают представление о том, как возводимые объекты впишутся в ландшафт. Графическое представление объектов управления в виде 3D-моделей преподносит информацию в наиболее удобном и естественном для человека виде, что положительно сказывается на качестве и оперативности принятия решений. Это свойство 3D-моделей может широко использоваться при создании ситуационных центров управления территориями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лукашик, А.А. Концептуальное проектирование как этап информационного моделирования сооружений (на примере развития деревни городского округа Чжанчжоу, провинции Фуцзянь) / А.А. Лукашик, Е.В. Казяк // Теория и практика современных географических исследований : материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых [Электронное издание]. – СПб, 2017. – С. 521–526.

2. Autodesk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autodesk.ru/campaigns/eni/iw>.

3. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства. Проектирование, строительство, эксплуатация. // Community Autodesk CIS. – Москва, 2016. – 58с.

4. Петелин А. Lumion 6 – Учебник-справочник / А. Петелин [Электронный ресурс] – <http://sam-stroy.info/eshop/d/lum6.pdf>

# ГИС-АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА МОЛОДЕЧНО

**Е. В. Дмитриева, И. Г. Игнатовская**

студентки 4-го курса кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

**А. С. Семенюк**

старший преподаватель кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

Доступность объектов социальной инфраструктуры всегда играла главную роль в формировании городской среды и непосредственном управлении ею. В настоящее время для повышения комфортности проживания населения разрабатываются всевозможные проекты и схемы улучшения доступности социальных объектов. Области применения геоинформационных систем чрезвычайно разнообразны. Одним из направлений их широкого использования является сфера анализа транспортной доступности, охватывающая расчет оптимальных маршрутов, выполнение сетевого анализа, построение зон обслуживания и т. д.

Основная цель настоящего исследования – изучить объекты социальной инфраструктуры г. Молодечно и определить зоны их транспортной доступности. Для создания зон доступности объектов социальной инфраструктуры г. Молодечно был использован программный продукт ArcGIS 10.3.

В ходе исследования в среде ГИС были созданы и оформлены семь карт зон транспортной доступности объектов социальной инфраструктуры г. Молодечно: аптек, банков, поликлиник, детской поликлиники, школ, детских садов, универсамов (рисунки 1–2). Зоны транспортной доступности в 3, 5 и 10 минут рассчитывались с помощью модуля Network Analyst на основании улично-дорожной сети, классифицированной по типу покрытия на асфальтовое (средняя скорость движения автомобиля – 60 км/ч) и гравийное (40 км/ч). Также посредством внесения в базу данных городских кварталов рангов доступности (от 1 до 4) и их суммирования была создана результирующая карта транспортной доступности объектов социальной инфраструктуры (рисунок 3).

На итоговой карте можно увидеть, какую часть города Молодечно охватывают зоны транспортной доступности большинства объектов социальной инфраструктуры (зеленый цвет), а какие территории находятся в максимальной удаленности от них (красный цвет). Анализ функционального зонирования г. Молодечно позволяет сделать вывод, что основные микрорайоны жилой многоквартирной застройки попадают в зону наилучшей транспортной доступности объектов социальной инфраструктуры, в то время как наихудшие показатели транспортной доступности имеют промзона на юго-западе и новый коттеджный поселок с еще не сформированной дорожной сетью на юге города. Вместе с тем в ходе исследования мы пришли к выводу, что расчет зон транспортной доступности в среднем по населению и компактному по конфигурации городу, каким является Молодечно, имеет смысл только в случае небольшого числа объектов данного типа (например, поликлиник). Если же речь идет о достаточно большом

числе объектов данного типа, относительно равномерно распределенных по территории города (например, аптеки, банки, детские сады), то транспортная доступность в разных частях города будет отличаться незначительно.

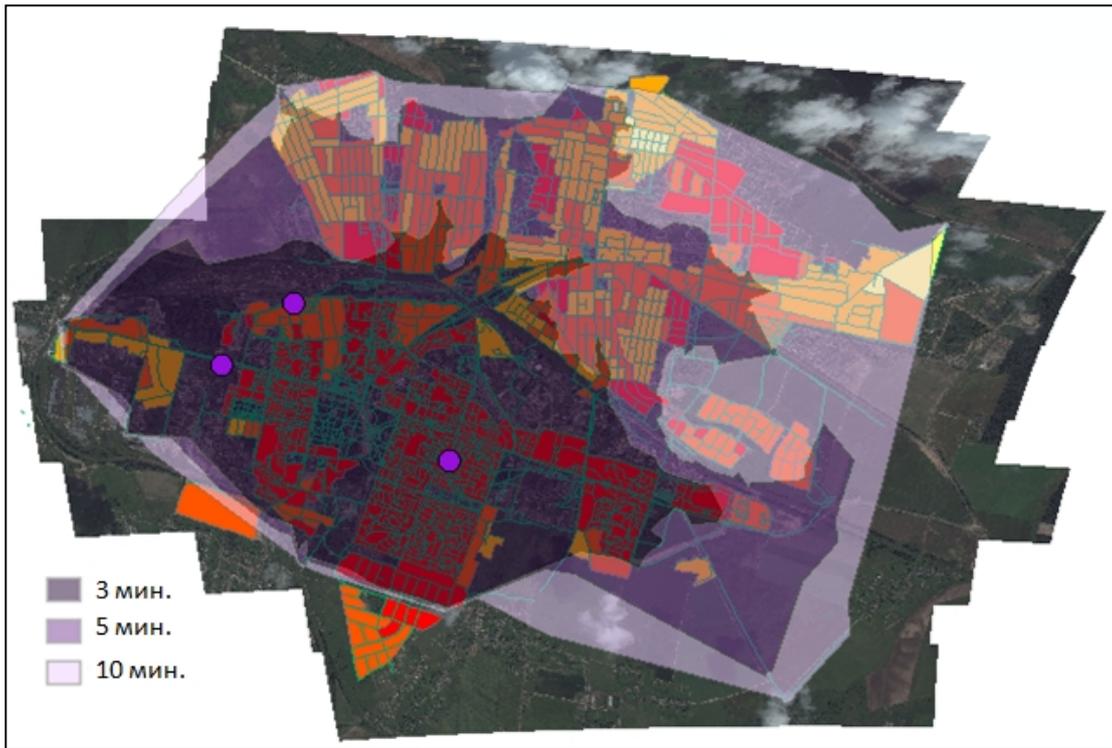


Рисунок 1 – Зоны транспортной доступности поликлиник г. Молодечно

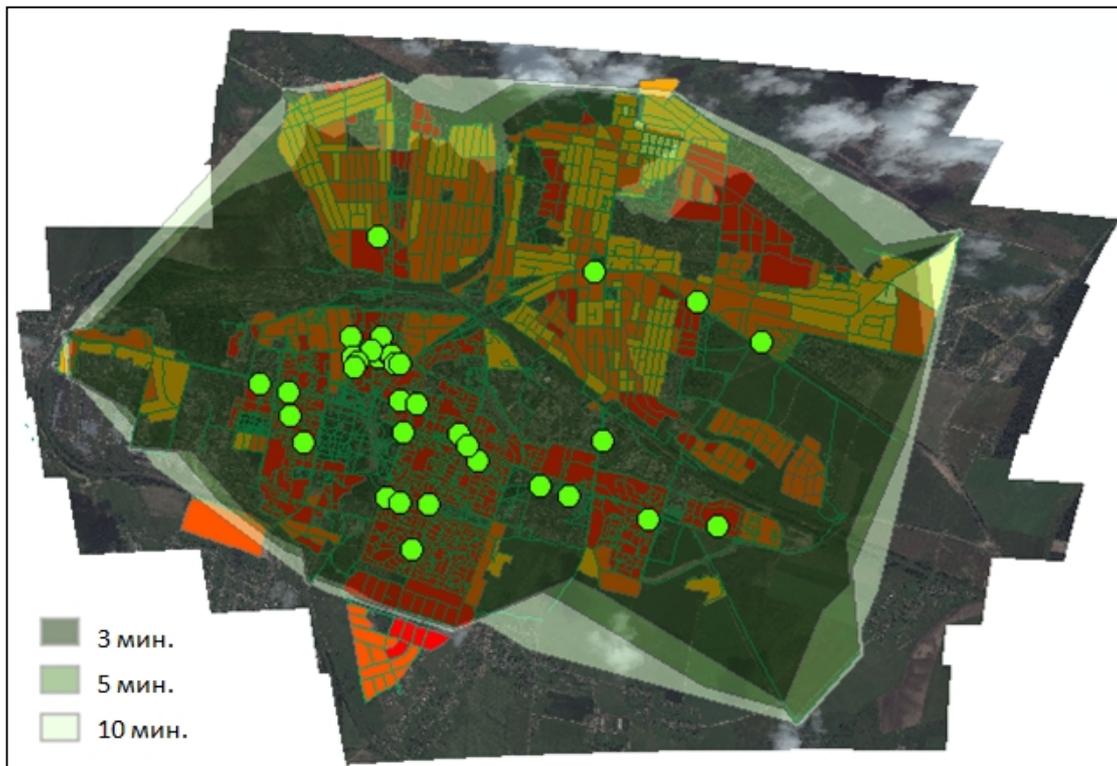


Рисунок 2 – Зоны транспортной доступности банков г. Молодечно

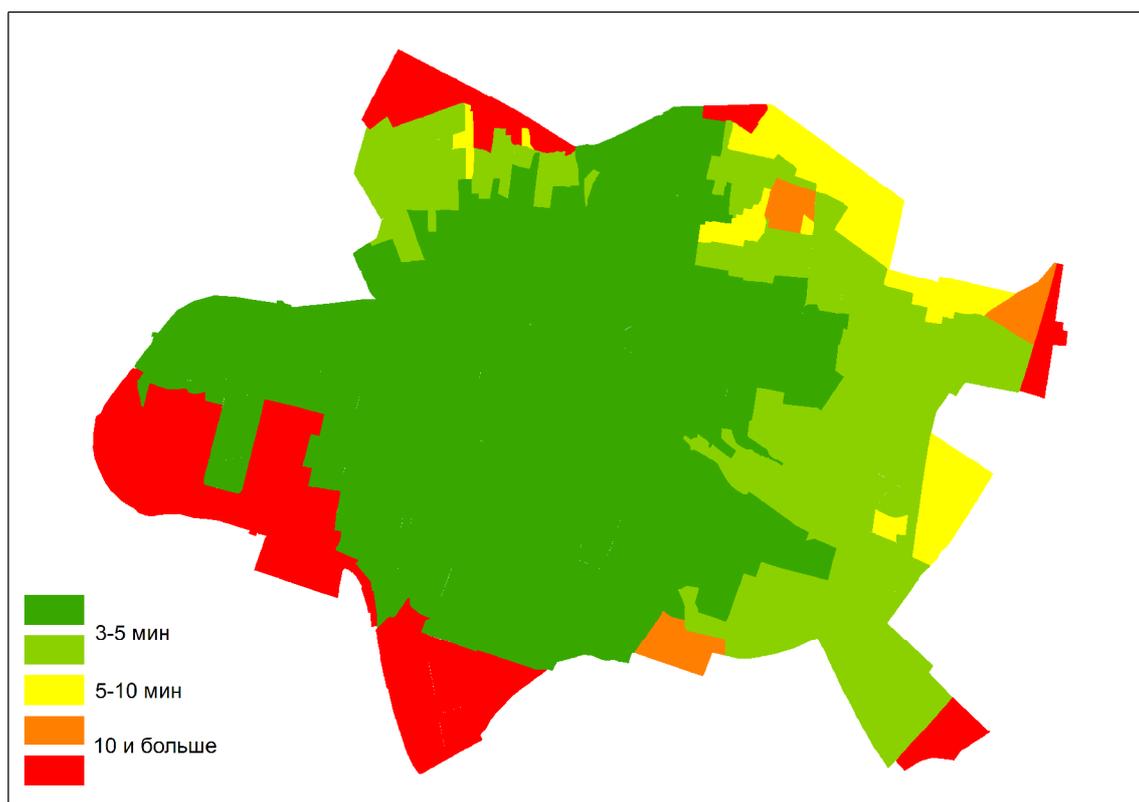


Рисунок 3 – Карта транспортной доступности объектов социальной инфраструктуры г. Молодечно

Данный проект направлен на обобщение современной информации об объектах социальной инфраструктуры г. Молодечно. Созданные карты являются источником информации для оптимизации городской среды города.

## ГЕОГРАФИЯ ДОСТУПНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕННОСТИ УСЛУГАМИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА МИНСКА

**У. М. Козак**

учащаяся 9-го класса ГУО «Гимназии № 38 г. Минска»

**О. М. Ковалевская**

старший преподаватель кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

Одним из наиболее перспективных направлений современной географии являются исследования особенностей размещения и эффективного функционирования любой инфраструктуры, результаты которых определяют тенденции развития предприятий, сетей и целых отраслей.

Транспортная инфраструктура г. Минска развивалась более 100 лет, и в настоящее время она характеризуется большим разнообразием объектов, протяженными сетями, сложной логистикой и цепочками передвижения пассажи-

ров [7]. Всего в Минске действуют 277 маршрутов наземного общественного транспорта: 205 автобусных, в т.ч. 32 скоростных (с), 16 экспрессных (э), 2 выходного дня (в); 62 троллейбусных, в т.ч. 2 электробуса (эл); 8 трамвайных; 2 линии метро. В настоящее время в Минске используются исключительно нормативные показатели качества транспортных услуг. Изначально норма составляла один автобус (троллейбус), работающий на линии, на 1,5 тысячи человек [7]. Но с октября 2017 г. ежедневно на две тысячи минчан должен приходиться один автобус (трамвай, троллейбус, вагон метро). Это соответствует 900 рейсам из расчета, что одновременно транспортные услуги востребованы примерно 10 % населения. Сейчас в Минске работает около двух тысяч автобусов, более тысячи троллейбусов и 150 трамваев, что соответствует нормативам, установленным Минсктрансом.

Транспортная доступность является важной составляющей уровня жизни населения. Наличие возможности перемещаться с минимальными потерями времени и финансовых средств делает проживание на территории более комфортным. Есть множество ведомственных информационных систем, каждая из которых содержит кусочек общей картины, но они разрознены, отражают только факт наличия определенных объектов транспортной инфраструктуры и их геометрическую доступность. Но действующий режим функционирования существующей инфраструктуры не соответствует реальной востребованности этих услуг.

В зарубежной литературе рассмотрены вопросы планирования транспортных сетей для населения, реализации транспортной политики с точки зрения повышения качества транспорта для пользователей, качества транспортных услуг и уровня удовлетворенности пассажиров, а также доступности общественного транспорта для населения [1, 3]. Транспортную систему г. Минска как сферу услуг никто не исследовал с точки зрения потребителя. Традиционно транспортная обеспеченность оценивается по фактическому наличию транспортной сети на территории. Для этого используются показатели густоты сети (протяженность маршрутов на единицу площади) и показатели транспортной обеспеченности (количество единиц подвижного состава на определенное количество населения). Транспортная доступность по времени – количество времени, необходимого для совершения перемещений (учитываются протяженность маршрутов, количество, интервалы и скорость движения транспортных средств) пока не учитывается совершенно. Однако именно эти параметры являются ключевыми для определения эффективности функционирования транспортной инфраструктуры.

В настоящем исследовании предлагается оценивать эффективность наземной транспортной инфраструктуры (без учета трамваев) по степени удовлетворения потребности населения в транспортных услугах. Авторами использовано понятие доступности транспорта, которое означает «потенциальные возможности взаимодействия», то есть достижения различных мест [1]. При этом выделялись следующие критерии доступности транспорта [1, 3]: 1) транспортная доступность в пространстве – локализация элементов транспортной сети (используются показатели густоты сети остановочных пунктов); 2) транспортная доступность по времени – количество времени, необходимого для совершения пе-

ремещений (учитываются протяженность маршрутов и скорость движения транспортных средств, интервалы движения маршрутов в разное время суток и отклонения от них); 3) транспортная дискриминация – недополученные населением транспортные услуги.

Действующий перечень маршрутов, остановочных пунктов и расписание движения общественного транспорта г. Минска был взят на официальном сайте государственного предприятия Минсктранс [7]: отбирались данные об минутных интервалах движения автобусов и троллейбусов по будним дням в «часы пик» – утром с 7<sup>00</sup> до 9<sup>00</sup> и вечером с 17<sup>00</sup> до 20<sup>00</sup>. Также были отобраны данные о количестве маршрутов на каждом остановочном пункте. Всего было проанализировано 2810 записей: 1802 по движению автобусов, 1008 – троллейбусов (таблица 1). Для каждого остановочного пункта вычислялась средняя интенсивность движения (ед./час) для каждого маршрута в отдельности и суммарно всех маршрутов на остановке, определялось среднее время ожидания транспортного средства на каждом остановочном пункте.

Таблица 1 – Ключевые параметры движения общественного транспорта на остановочных пунктах

<i>Параметр</i>	<i>Всего</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>среднее</i>
Итоговое количество рейсов автобусов (ед.)	1802	1	181	43,5
Количество рейсов автобусов по одному маршруту (ед.)	–	1	30	7,5
Время ожидания автобуса (мин.)	–	2	600	14
Итоговое количество троллейбусов (ед.)	1008	19	400	125,8
Количество рейсов троллейбусов по одному маршруту	–	6,5	34,5	14,3
Среднее время ожидания троллейбуса (мин.)	–	0,8	15,8	3,6

ГИС-модель была разработана на основе электронной векторной карты города и действующего перечня маршрутов общественного транспорта с использованием инструментальных средств ArcGIS версии 10.3 [5–6]. Базовая картография (набор векторных слоев, используемых на картах в качестве основы: дороги, дома, границы населенных пунктов) была взята в формате *shape*-файлов на портале OpenStreetMap (OSM) [2]. Специальная информация, созданная авторами и наносимая на векторную карту, включает следующие объекты: остановки пассажирского автотранспорта; маршрутная сеть пассажирского автотранспорта; конечные остановки по маршрутам; линейно-диспетчерские станции.

Используя встроенный инструментарий ArcGIS, к созданным векторным слоям была присоединена подготовленная ранее атрибутивная информация и выполнены дальнейшие расчеты показателей пространственного распределения параметров. При необходимости осуществлялся переход к балльной системе: по каждому вычисленному параметру максимальное значение получало балл 100, остальные вычислялись как % от максимума. Были рассчитаны показатели и созданы следующие аналитические картограммы (рисунки 1–8): густоты остановочных пунктов (ОП) (ед./ км<sup>2</sup>) и линий маршрутов (км/км<sup>2</sup>); количество рейсов автобусов и троллейбусов на остановочном пункте в «часы пик» (ед.); среднее время ожидания рейса на остановочном пункте в «часы пик» (мин.); вероятность совершения поездки автобусом и троллейбусом на остановочном пункте в «часы

пик» (отношение количества рейсов на ОП к среднему времени ожидания рейса на ОП); доступности услуг общественного транспорта; степени транспортной дискриминации микрорайонов г. Минска (отклонение фактической доступности транспортных услуг от средней по г. Минску); эффективности транспортной инфраструктуры (соотношение густоты объектов и реальной доступности транспортных услуг); степени снижения транспортной подвижности населения (отклонение фактической эффективности от средней по г. Минску).

Аналитические карты, построенные по отдельным характеристикам объекта, позволили выявить территориальные особенности функционирования общественного транспорта. На картограмме транспортной доступности, построенной по стандартной методике по густоте остановочных пунктов и линий маршрутов (рисунок 9), практически вся территория города оказывается в зоне средней и высокой доступности. Низкая она лишь в тех районах, которые относятся к зеленой или промышленной зоне. Картограммы доступности транспортных услуг, построенные с учетом режима движения транспорта, показывают совсем другую картину. На данных картах видно, что многие районы с достаточно большой густотой объектов имеют невысокую вероятность совершения поездки. Это связано со значительными интервалами движения маршрутов (до 20 минут даже в час пик) и нерациональным расписанием (несколько маршрутов отправляются с диспетчерской станции на линию одновременно, а затем – значительный интервал), что приводит к длительному ожиданию на остановочном пункте (рисунок 3). Изменение степени доступности связано с динамикой ключевых параметров транспортной сети: интервалов движения и количества маршрутов в разное время суток и отклонения от них.

Это косвенно свидетельствует о невысокой эффективности функционирования существующей инфраструктуры: многие районы с высокой густотой объектов, но низкой временной доступностью оказались отнесены низко- и среднеэффективным.

В результате были выявлены неблагоприятные тенденции в развитии транспортного обслуживания населения г. Минска:

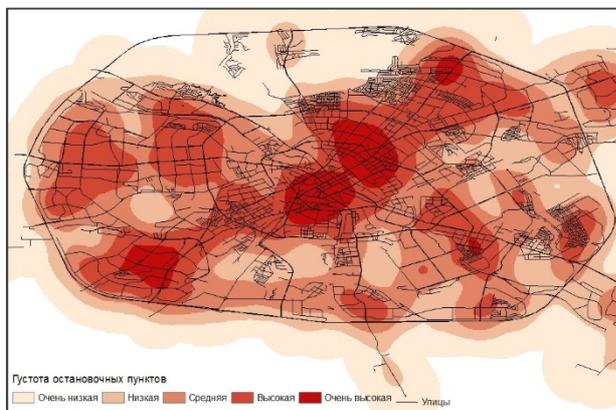


Рисунок 1 – Густота остановочных пунктов

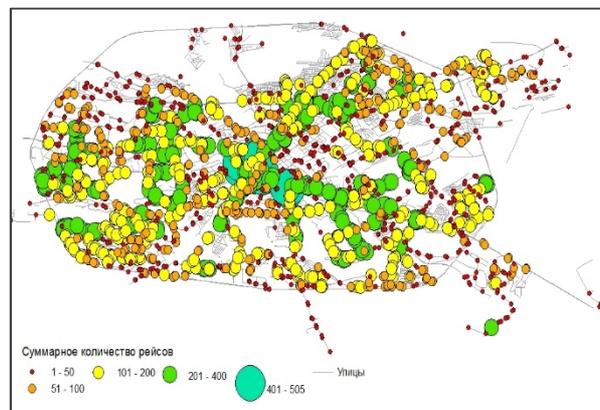


Рисунок 2 – Количество рейсов общественного транспорта на остановочном пункте

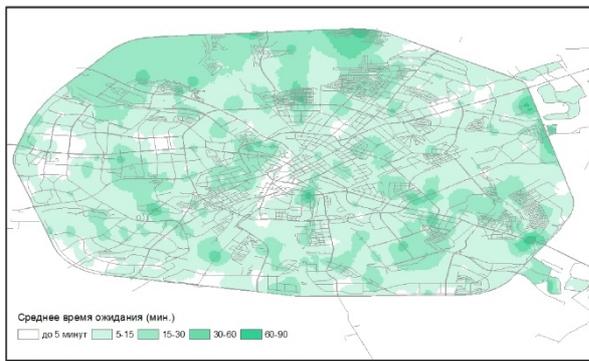


Рисунок 3 – Среднее время ожидания на остановочном пункте

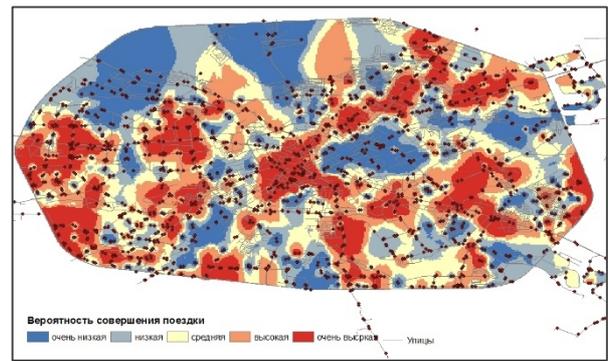


Рисунок 4 – Вероятность совершения поездки общественным транспортом в «часы пик»

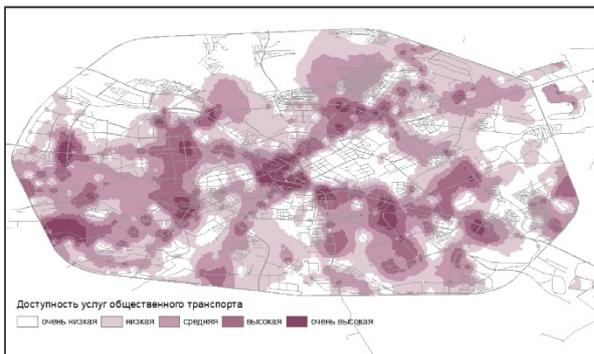


Рисунок 5 – Доступность услуг общественного транспорта с учетом режима движения

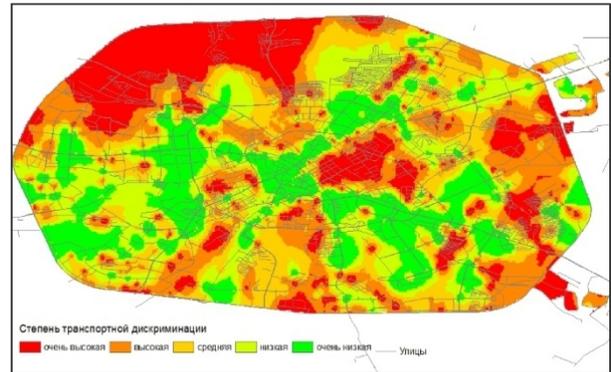


Рисунок 6 – Степень территориальной транспортной дискриминации

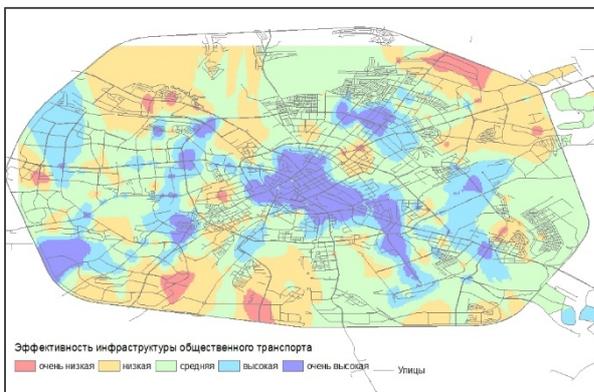


Рисунок 7 – Эффективность инфраструктуры общественного транспорта с учетом режима движения

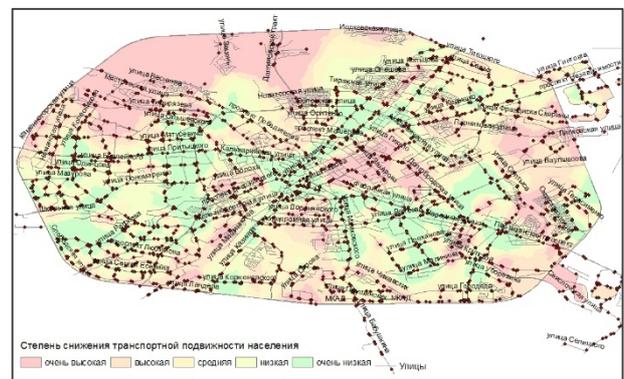


Рисунок 8 – Степень снижения транспортной подвижности населения

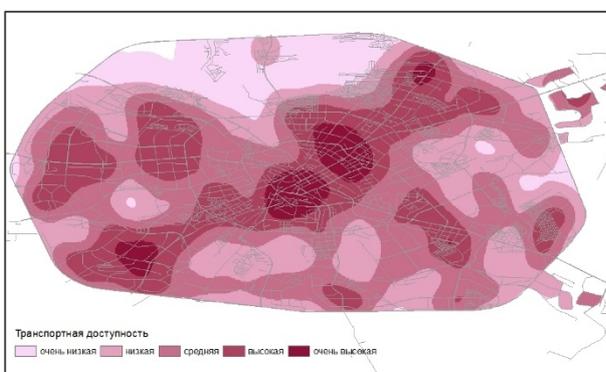


Рисунок 9 – Картограмма транспортной доступности (по густоте маршрутов)

1. Снижение транспортной подвижности населения отдельных микрорайонов (рисунок 8): здесь при относительной близости остановочных пунктов режим движения общественного транспорта не удовлетворяет имеющиеся потребности, необходима существенная модернизация существующей инфраструктуры и изменение режима ее функционирования.

2. Фактическая доступность транспорта для жителей некоторых микрорайонов в настоящее время значительно ниже, чем в среднем по г. Минску (рисунок 6). На карте четко выделяются районы, имеющие высокую степень транспортной дискриминации.

3. Изменение направлений пассажиропотоков. Анализ режима транспорта в утренние и вечерние часы пик показал, что большинство маршрутов ориентированы на центр. Однако целесообразным было бы организовать кольцевые маршруты, что существенно разгрузило бы центр.

Таким образом, Минск испытывает сильную потребность в оптимизации маршрутной сети и режима ее функционирования. Расчет показателей транспортной доступности помимо геометрических параметров, обязательно должен учитывать режим функционирования транспорта и реальную востребованность в его услугах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бугроменко, В.Н. Современная география транспорта и транспортная доступность / В.Н. Бугроменко // Известия РАН. Серия географическая. 2010. – № 4. – С. 7–16.
2. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/openbase.html/> – Дата доступа: 15.05.2017.
3. Информационно-аналитическая энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.allpif.ru/view\\_term.php?id=82/](http://www.allpif.ru/view_term.php?id=82/). – Дата доступа: 17.05.2017.
4. Межрегиональная общественная организация содействия развитию рынка геоинформационных технологий и услуг ГИС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/>. – Дата доступа: 17.05.2017.
5. Официальный сайт компании ERSI CIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.esri-cis.ru/>. – Дата доступа: 05.09.2017.
6. Официальный сайт компании ArcGIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://desktop.arcgis.com/ru/>. – Дата доступа: 15.09.2017.
7. Шипулин, В.Д. Основные принципы геоинформационных систем. Учебное пособие / В.Д. Шипулин. – Харьков, 2010.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MICROMINE ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Е. А. Мейлук**

студентка 4-го курса кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

**О. М. Ковалевская**

старший преподаватель кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

Современные геоинформационные системы являются мощным инструментом для всех направлений геологических исследований, проводимых как в научных, так и в производственных целях. При использовании геоинформационных технологий предполагается тождественное отображение природных объектов, их свойств и структур на основе трехмерного цифрового моделирования, ставшего неотъемлемой частью процесса поиска, разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Отличительной особенностью данных, используемых при создании ГИС горного профиля, является уровень их достоверности: любые неточности, явно или косвенно заложенные в геоинформационный массив данных, автоматически приводят к погрешностям принимаемых технологических, инвестиционных и управленческих решений, а при значительных ошибках – к возникновению нештатных и чрезвычайных ситуаций в производственной среде.

Центральное место в области автоматизации решения горно-геометрических задач в настоящее время занимает проблема создания цифровых моделей месторождения, обеспечивающих адекватное представление качественных и количественных характеристик разрабатываемых залежей полезных ископаемых. Геометрическое описание и структура этих моделей являются результатом работы горно-геологических информационно-вычислительных систем, обеспечивающих решение задач недропользования. Внедрение такого программного обеспечения требует большого количества затрат с точки зрения перестройки работы отдельных специалистов и подразделений, обучение специалистов, сложность увязки программ именно с данным горным предприятием. Кроме того, в зарубежных системах иногда невозможно подготовить графическую документацию в формате, принятом на предприятии и требуемом контролирующими органами. Все эти причины сдерживают широкое распространение инновационных технологий обработки геологической информации [4–6, 9].

Для рассмотрения особенностей решения геологоразведочных задач с помощью ГИС-технологий была выбрана программная система Micromine, и на примере Бриневского месторождения бурых углей были применены ее основные функции для оценки качества и рациональности использования подобных ПО на производстве. ПО Micromine (Австралия) – мощный интегрированный модуль, отличается дружественным удобным интерфейсом и высоким качеством реализации положенных в основу идей. Ядро программы поддерживает формат Google Earth, а также распространенные форматы CAD, GIS, GPS, растровые форматы и форматы специализированных горных программных приложений, большинство

из которых может отображаться в среде без преобразования. Micromine поддерживает экспорт данных в различные форматы, что позволяет легко интегрировать его в многоцелевую рабочую среду [1–3, 7].

Бриневское месторождение бурых углей находится в Петриковском районе Гомельской области Республики Беларусь, в 8,0 км южнее ж.д. станции Старушки, 10 км юго-западнее ж.д. станции Копцевичи и в 22 км северо-западнее г. Петрикова. Месторождение приурочено к юго-восточному склону Бриневской локальной структуры Припятской впадины и вытянуто с юго-запада на северо-восток на 7,5 км при ширине 0,75–1,5 км. На рассматриваемой территории выявлены каменноугольные, карбоновые, юрские, палеогеновые и неогеновые углепроявления [8].

Моделирование с использованием ПО Micromine подразумевает выполнение следующих этапов: импорт и обработка исходных данных; создание базы данных; интерпретация информации и статистическая обработка и визуализация полученных результатов в 3D виде. Исходными данными для моделирования служат табличные данные по выработкам, их съемке и опробованию. В данном проекте были использованы следующие таблицы данных с характеристиками Бриневского месторождения бурых углей: каталог координат скважин поисковых и предварительной разведки; технический анализ углей по скважинам детальной разведки; результаты элементарного анализа углей по скважинам детальной разведки; стратиграфический каталог. Информация была предоставлена ОАО «Белгорхимпром». Были созданы таблицы проекта «Технический анализ», «Анализ углей» и «Стратиграфия». Эти данные импортированы в программу и, используя встроенные алгоритмы проверки, проверены на различные несоответствия (ошибки ввода, дублирование данных и т.п.). После стадий импорта, проверки и исправления ошибок создана база данных, которая используется для последующего моделирования и оценки месторождения: программный процессор визуализирует табличные данные в графическом окне и работает с ними, как с 3D-объектами, выводя в просмотр в виде траекторий выработок и данных опробования вдоль этих траекторий.

По каталогу координат построены устья скважин месторождения. Далее для каждой скважины были визуализированы следующие показатели угольного месторождения (рисунок 1): влага ( $W^d$ ), зольность ( $A^d$ ), сера ( $S^{daf}$ ), выход летучих веществ ( $V^{daf}$ ), высшая теплота сгорания ( $Q^{daf}$ ). Отображать данные вдоль траекторий можно в различном виде – в виде текста, штриховок или графиков, разрезов. Также есть возможность импорта векторной информации из различных САД приложений (ситуационные планы, разрезы и другая графика).

Непосредственная интерпретация поверхностей кровли и подошвы каждого пласта осуществляется по разрезам при помощи линий с последующим объединением этих линий в триангуляционные либо сеточные поверхности (рисунок 2). Также можно рассчитать 3D-координаты кровли/подошвы пересечения пласта из журнала опробования, выборки этих точек в отдельный файл и создания триангуляционных либо сеточных моделей из выбранных точек. В итоге полученные поверхности кровли и подошвы объединяются, образуя общую объемную триангуляционную модель пласта (рисунок 3).

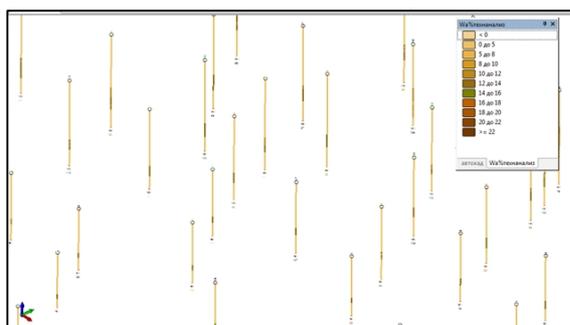


Рисунок 1 – Траектории скважин с цветовой кодировкой по полю Wa (вид под наклоном)

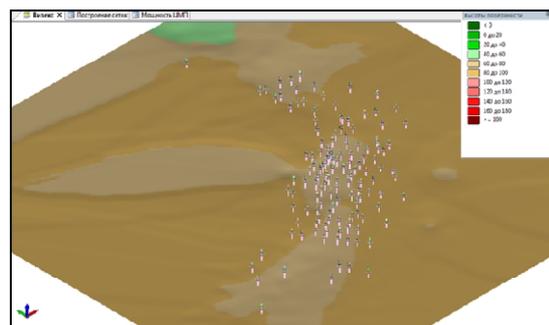


Рисунок 2 – Сетка поверхности кровли

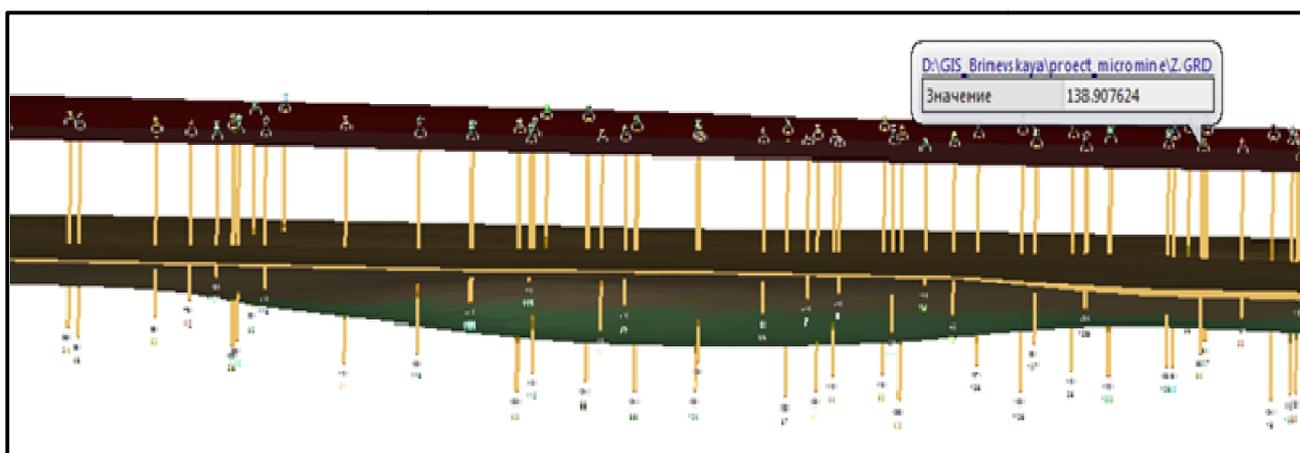


Рисунок 3 – Добавление в Визекс единого каркаса, вид сбоку

Бриневское месторождение характеризуется пологим залеганием и слабой гипсометрической дифференциацией, поэтому была использована интерпретация по центральной линии пласта [1]. Была произведена выборка пересечений соответствующего пласта из журнала опробования; рассчитаны координаты центральной точки пересечения для каждой выработки; по высотным отметкам рассчитанных 3D-точек строится каркасная гипсометрическая сеть; по рассчитанным 3D-точкам пересечений строится грид-модель мощности пласта. На основе полученного замкнутого каркаса выполнен расчет объемов (рисунок 4).

Заключительным шагом данной интерпретации является конвертация полученных гридов гипсометрии и мощности в единую блочную модель с размерами блоков по X, Y равными расстоянию между точками грида, а по Z – равными значению грида мощности. Полученные модели предназначены для более подробного описания качества в пределах данных объемов.

	ТИП КАРК	ИМЯ_КАРК	ОБЪЕМ
1	DTM	2 пов в каркас	110590347.06
2	ВСЕГО		110590347.06
3			

Рисунок 4 – Расчет объема единого каркаса

На выходе данного этапа получается блочная модель, в которой каждый элементарный блок имеет свою количественную и качественную характеристику.

Вся эта информация выводится в рабочее 3D-пространство и проверяется на предмет ошибок визуально – по разрезам и планам. Информацию можно представить в виде карт изолиний, либо заданием разных цветов ячейкам блочной модели, которые имеют различные качественные характеристики. Заключительные отчеты оценки представляются в табличном режиме и могут создаваться как по всему месторождению, так и по локальным его участкам.

В данном проекте в среде Micromine были обработаны и систематизированы исходные данные по предварительной оценке Бриневского месторождения бурых углей: построены грид-сети поверхностей, выполнено каркасное моделирование и подсчет объемов, построены графики и гистограммы распределения и накопления различных показателей, построены траектории скважин и отображены цветовой кодировкой количественные показатели месторождения (влажность, зольность, сера, выход летучего вещества и теплота сгорания). Результаты расчетов могут быть представлены как в виде грид-модели, так и в виде гистограмм распределения параметров.

ПО Micromine поддерживает экспорт данных в различные форматы, что позволяет легко интегрировать его в многоцелевую рабочую среду. Так, полученные данные были экспортированы в среду ArcGIS и представлены в виде векторных слоев и грид-моделей, а также наборов таблиц, что позволило создать на их основе стандартную компоновку.

Таким образом, с помощью ПО Micromine можно получать, обрабатывать и интерпретировать данные, необходимые как для проведения геологоразведочных работ, так и для добычи полезных ископаемых. Micromine дает возможность моделировать открытые или подземные горные работы, создавать инструменты, позволяющие облегчить планирование и выполнение ежедневных производственных задач, всесторонне рассмотреть и оценить проект, что в свою очередь позволит более точно выделить перспективные участки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Основной модуль системы Micromine «Ядро» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.micromine.ru/micromine-module-core>. – Дата доступа: 23.02.2017.
2. Моделирование пластовых месторождений при помощи ГГИС Micromine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mining-media.ru/ru/article/geoinformsys/847-modelirovanie-plastovykh-mestorozhdenij-pri-pomoshchi-ggis-micromine-2>. – Дата доступа: 02.02.2017.
3. Басаргин, А.А. Методика создания трехмерных геологических моделей месторождения с использованием геоинформационной системы Micromine / А.А. Басаргин // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2015. – Т.1. – №1. – С. 15–20.
4. Оганесян, А.Н. Интегрированные системы и комплексы геоинформационных систем в горном деле / А.Н. Оганесян, В.В. Агафонов // Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ). – 2011. – Т. 6. – № 12. – С. 623–630.
5. Практический опыт применения ГИС. ГИС в горном деле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.esri-cis.ru/upload/iblock/903/Mining\\_BestPractice\\_RUS.pdf](https://www.esri-cis.ru/upload/iblock/903/Mining_BestPractice_RUS.pdf). – Дата доступа: 06.01.2017.
6. Шек, В.М. Открытые программные системы с применением геоинформационных технологий в горной промышленности / В.М. Шек, Е.А. Конкин // Программные продукты и системы. – 2007. – Т.1. – № 1. – С. 18–21.

7. Условное моделирование в Micromine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-uslovnnoe-modelirovanie-v-micromine.pdf> – Дата доступа: 15.03.2017.

8. Минерально-сырьевая база Гомельской области (состояние и перспективы развития) / А.А. Махнач [и др.]. – Минск: ООО «Белпринт», 2005. – 208 с.

9. Современные системы моделирования предприятий угольного производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mining-info.ru/>. – Дата доступа: 01.03.2017.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

**П. П. Юхнюк**

студент 3-го курса кафедры географии и природопользования географического факультета  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

**С. М. Токарчук**

к.г.н., доцент, доцент кафедры географии и природопользования географического факультета  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

В исследовании деградации земель широко применяется метод картографирования. Карта одновременно выступает как средство, метод и продукт исследования, в данном случае экодиагностического анализа территории, нацеленного на определение характера деградации земель. Карты и картосхемы, созданные с использованием ГИС-технологий позволяют не только изучить текущее состояние и динамику основных видов земель и типов экосистем, но и позволяют упростить процесс типизации и группировки отдельных явлений, процессов в пределах различных территориальных единиц.

В настоящем исследовании приводится пример использования ГИС-картографирования для изучения деградации земель Брестской области в разрезе административных районов. Карты и картосхемы, составленные в ходе выполнения исследования могут быть классифицированы по различным признакам.

В настоящее время существует большое количество классификаций карт, основными классификационными признаками которых выступают: тематика, целевое назначение, функции, вторичные – масштаб, временная частота [1].

В изучении деградации земель имеют место быть карты процессов (эрозии почв), карты состояний (площади различных видов земель), карты проблем (остроты экологических ситуаций).

Наряду с группировками карт выделяются их типы в зависимости от:

1) широты тематики (общие – содержат полную характеристику явления и частные, ограничивающиеся отображением отдельных аспектов процесса);

2) приемов исследования – аналитические карты (показывают отдельные стороны процесса без определенной связи с другими его сторонами), синтетические карты (дают целостную характеристику процесса с учетом межкомпонентных связей), комплексные (отображают одновременно несколько свойств явления, раздельно, в разных показателях);

3) по степени объективности: документальные карты (отражают реальные явления по результатам непосредственного теоретического исследования территории), карты, содержащие выводы и умозаключения, карты гипотетические и тенденциозные.

Карты по функциональному делению могут быть (1) инвентаризационные (констатационные, фактологические) – показывают состояние и/или нарушение экосистем в конкретных качественных и количественных характеристиках; (2) оценочные карты, содержащие оценки состояния и нарушений по соответствующим показателям по отношению к человеку; (3) оценочно-прогнозные, содержащие прогноз состояния и оценку прогнозируемого состояния экосистемы вследствие планируемых или проектируемых воздействий с учетом природных свойств ландшафтов; (4) рекомендательные карты, направленные на оптимизацию и гармонизацию отношений в природной среде, предотвращение или смягчение неблагоприятных явлений и их последствий.

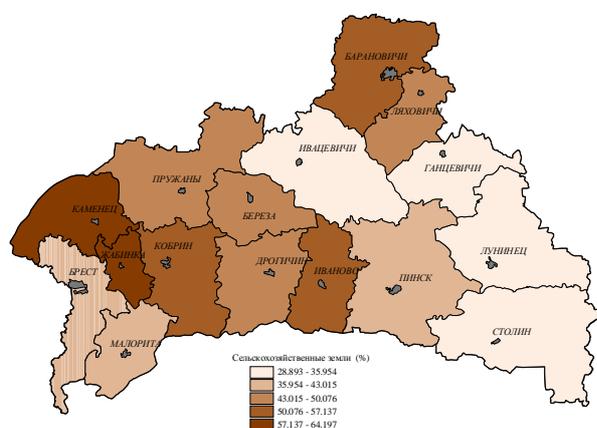


Рисунок 1 – Удельное соотношение лесных земель по административным районам Брестской области на 2006 г.

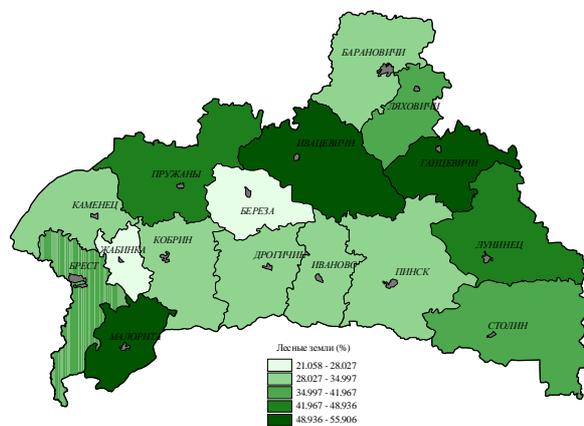


Рисунок 2 – Удельное соотношение лесных земель по административным районам Брестской области на 2016 г.

Классификация карт по назначению: (1) карты для исследовательских работ природоохранной направленности; (2) карты для практической природоохранной деятельности; (3) карты для экологического просвещения, образования и воспитания.

В созданной ГИС наиболее распространенными являются частные, аналитические, оценочные карты состояний. Чаще всего данные карты представляют собой картосхемы, которые созданы с использованием типа легенды «Цветовая шкала», метода классификации «Равный интервал» и числом классов – 5. Кроме того, картосхемы составлялись для одних и тех же показателей, но разного временного периода. В частности, изучение распространения основных видов земель проводилось для 2006 (рисунок 1) и 2016 (рисунок 2) годов.

На основании сравнения и анализа полученных карт состояний, выполнялись различные типы других картосхем:

1. Карты динамики, отображающие изменение состояния различных видов земель, например, лесных (рисунок 3) (выполнена на основании сопоставленной картосхем, представленных на рисунке 1 и рисунке 2).

2. Аналитические и синтетические карты, которые показывают взаимосвязи и взаимозависимости между отдельными природными объектами, процессами либо явлениями. Например, картосхема зависимостей изменений между доминирующими видами категорий земельного фонда (сельскохозяйственных и лесных земель) в районах Брестской области (рисунок 4).

3. Карты проблемных ситуаций, отображающие наличие и типы существующих проблем в области состояния земель (рисунок 5).

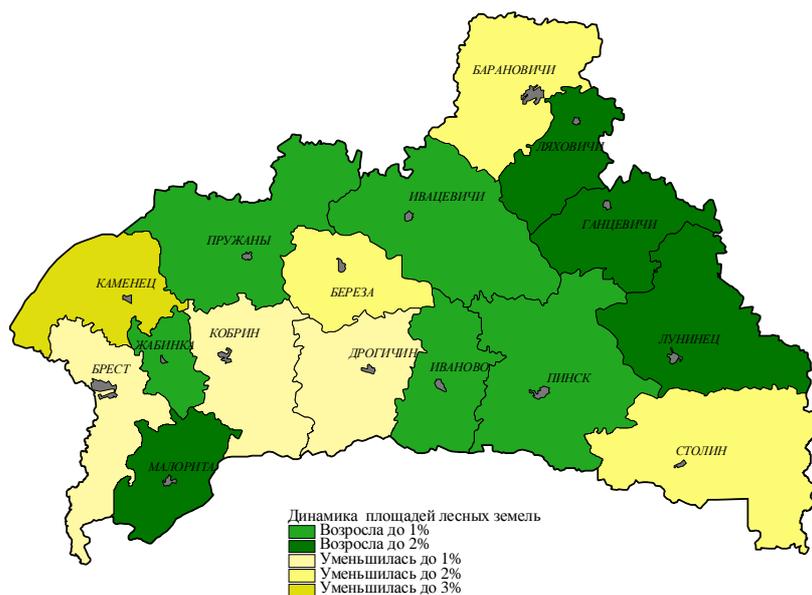


Рисунок 3 – Динамика площадей лесных земель Брестской области с 2006 по 2016 гг. (карта динамики)

Представленные выше картосхемы были выполнены на основании статистических данных, расчетных показателей либо результатов оценочных исследований. Кроме этого, в настоящей ГИС также создавались карты, оцифрованные с растровых подложек атласов Беларуси, настенных карт, литературных источников и др. Данные электронные карты, во-первых, отображают не только состояние земель Брестской области (рисунок 6), но и другие объекты, явления и процессы, которые оказывают влияние на деградацию земель либо используются при изучении данной тематики (рисунок 7). Во-вторых, созданные карты и картосхемы во многом отличаются от своих растровых подложек. В частности, при создании данных карт зачастую оцифровывались не все тематические слои, а только необходимые для данного исследования. Также многие картосхемы создавались на основании данных, представленных в растровых подложках, но с использованием других, авторских средств и способов визуализации.



Рисунок 4 – Особенности изменения площадей основных категорий земельного фонда с 2006 по 2016 гг. (аналитическая карта)

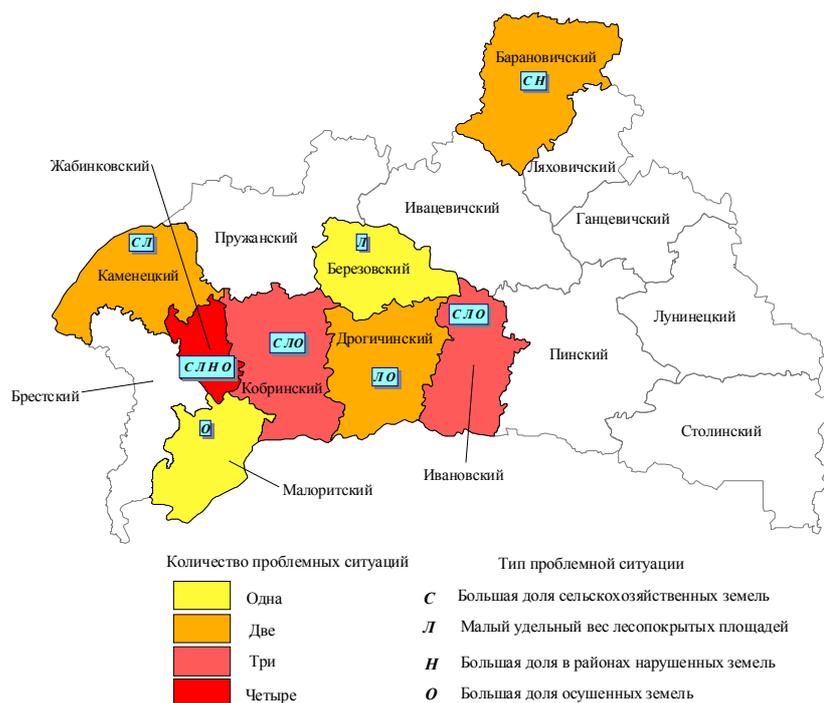


Рисунок 5 – Проблемные ситуации состояния земель Брестской области (карта проблемных ситуаций)

Таким образом, в настоящей работе представлены основные направления применения методов ГИС-картографирования и создания ГИС-проекта при изучении основных факторов и особенностей деградации земель административных районов Брестской области.

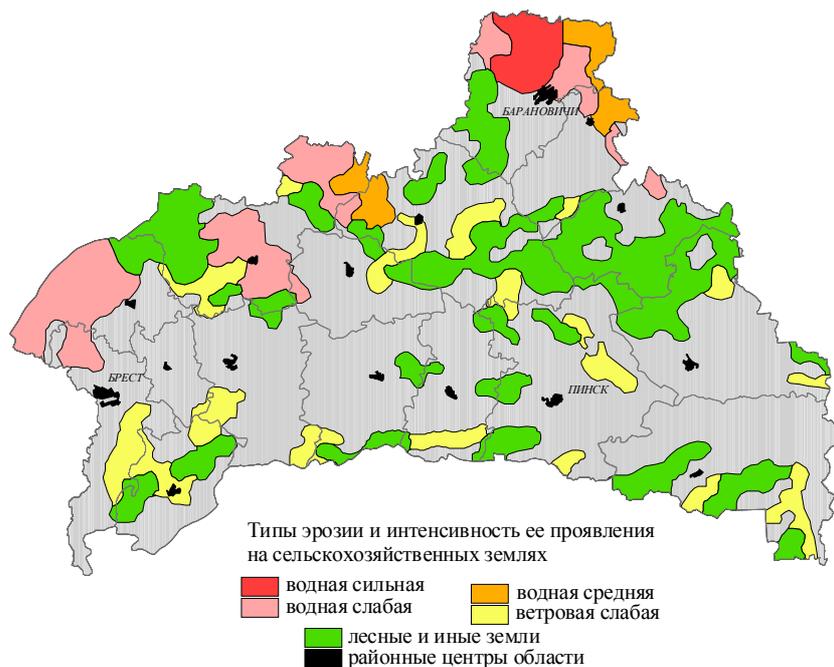


Рисунок 6 – Эрозия почв Брестской области, типы и интенсивность ее проявления

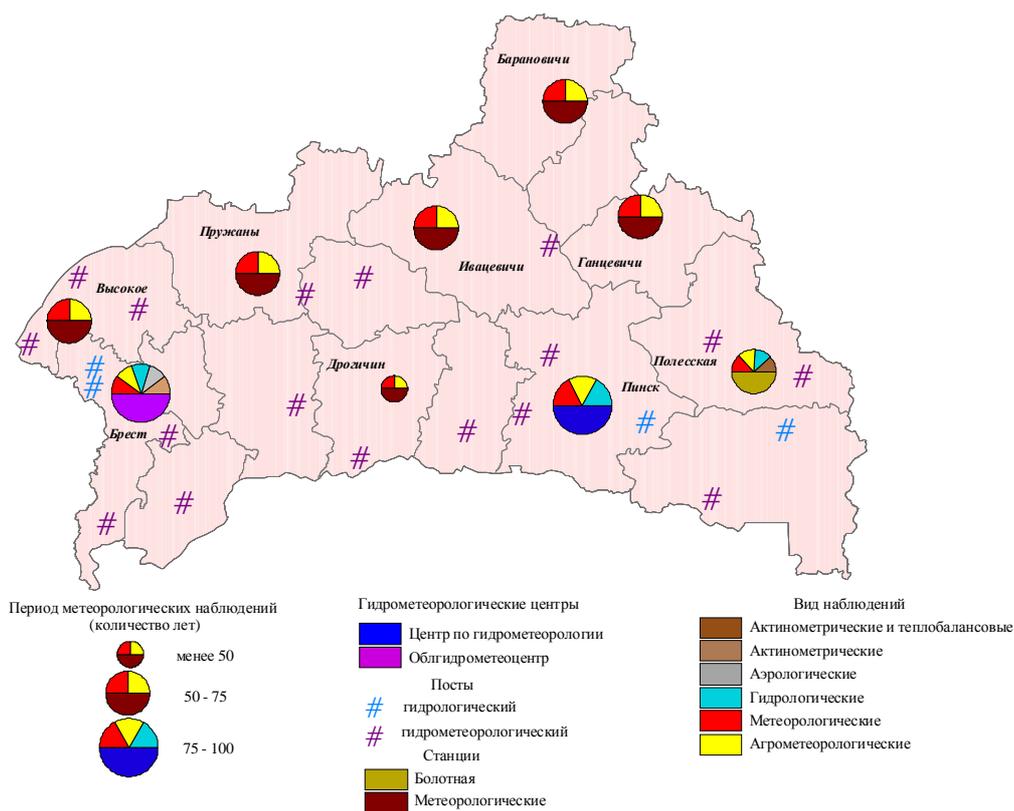


Рисунок 7 – Гидрометеорологическая сеть наблюдений в Брестской области

## ЛИТЕРАТУРА

1. Геоэкологическое картографирование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б.И. Кочуров [и др]; под ред. Б.И. Кочурова. – М.: Академия, 2009. – 192 с.

# СОЗДАНИЕ ГИС ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОГО ИЛИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРА

---

## СОЗДАНИЕ БАНКА ДАННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО УЧЕБНОГО ПОЛИГОНА

**А. Ю. Ершевич**

студент 3-го курса кафедры геодезии и фотограмметрии  
землеустроительного факультета УО БГСХА

**П. В. Другаков**

к.т.н., доцент, доцент кафедры геодезии и фотограмметрии  
землеустроительного факультета УО БГСХА

Для проведения учебных практик по блоку геодезических дисциплин у кафедры геодезии и фотограмметрии УО БГСХА имеется учебный геодезический полигон. Первый послевоенный геодезический полигон представлял собой всю геодезическую сеть города Горки. Он включал в себя сеть триангуляции 3 класса точности, сеть бездиагональных четырехугольников Зубрицкого 4 класса и сеть полигонометрии. Полигон был создан в 1948 году для выполнения топографических съемок. Со временем часть пунктов сети была утрачена, и периодически проводились работы по восстановлению геодезической сети.

В 1995 году были выполнены крупномасштабные работы по модернизации геодезического полигона. Фактически была создана новая геодезическая сеть. При ее создании использовались традиционные методы плановых измерений (триангуляция и полигонометрия), а также методы спутниковых измерений. По невязкам фигур и по поправкам погрешность выполненных угловых измерений в триангуляции составила 1,5" и 1,3", что указывает на высокую точность выполненных измерений. Средние квадратические погрешности пунктов по результатам уравнивания составили 1,5–2,5 см. Координаты всех пунктов также были определены двухчастотными GPS-приемниками в режиме статики. Результаты GPS-измерений были уравнены, приведены в систему координат учебного полигона и показали хорошую сходимость с координатами, полученными традиционными методами.

Часть учебных практик связанная с топографическими съемками застроенных территорий проходит на территории академического городка. Для их обеспечения геодезической опорой в 1996 году была проложена система полигонометрических ходов 1 разряда. Учитывая, что на застроенной территории, по причине интенсивной хозяйственной деятельности, утрачивается примерно 40 % пунктов полигонометрии в течение первых 7 лет с момента создания сети, сеть пришлось обновлять в 2005 году. А в 2014 году сеть полигонометрии была построена заново.

Относительно быстрая утрата пунктов геодезической сети требует выполнять оперативный мониторинг геодезической сети. Также необходимо отметить,

что традиционная форма хранения данных о геодезических сетях в бумажном виде (каталоги, кроки, центрировочные листы, схемы и т.д.) в современных условиях не является самой удобной. Наиболее целесообразным является перевод этих данных в цифровую форму, в том числе с online доступом. Для обеспечения оперативного мониторинга состояния сети и удобства использования информации о пунктах сети было решено создать информационную систему пунктов геодезической опоры. Эту задачу можно решить, используя специализированное геодезическое программное обеспечение, системы автоматизированного проектирования и ГИС. Использование геодезических программ и САПР на первый взгляд является наиболее простым решением. В программном комплексе Credo выполнялось уравнивание геодезической сети, поэтому в этой программе есть каталоги координат, ведомости оценки точности. Также возможно подключить растровую подложку. В тоже время отсутствует возможность использовать карточку пункта с привязками к местным предметам, элементами центрировки и т.д.

Проанализировав все достоинства и недостатки, было принято решение создать информационную систему о пунктах геодезической сети средствами ГИС. Так как с 1996 по 2017 год накоплен большой объем топографических планов результаты которых хранятся в бумажном виде, то их также целесообразно перевести в цифровой вид и каталогизировать, добавив в информационную систему. Информационную систему можно дополнить данными материалам аэрофото-съемки, опознакам, привязкам и т.д.

Все дальнейшие исследования были выполнены в среде ГИС ArcGIS. Для этого была создана файловая база геоданных, структура которой приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Структура базы геоданных учебного полигона

<i>Набор классов объектов</i>	<i>Класс объектов</i>	<i>Тип объекта</i>	<i>Описание</i>
Геопunkt	Геопункты	Точечный	Пункты геодезической сети
	Promery	Линейный	Промеры до твердых предметов
	TvTochka	Точечный	Твердые точки
	Opoznak	Точечный	Опознаки
Photo1987, Photo2013, PhotoDZZ	KCP	Точечный	Координаты центров проецирования снимков
	Snimki	Площадной	Границы снимков
	RabPL	Площадной	Рабочие зоны снимков
Топо500	ZonySyemki	Площадной	Зоны съемок
ZIS	Lands	Площадной	Слои из базы данных ЗИС
	Obj	Точечный	
	Text	Точечный	
	Comm	Линейный	

Наборы классов Photo1987, Photo2013, PhotoDZZ имеют одинаковую структуру, а набор слоев ZIS использует стандартные слои ЗИС, созданные в соответствии с действующим ТКП [1]. Кроме стандартных доменов ЗИС, для удобства

ввода данных, были созданы домены, описывающие геодезические пункты: классы плановых и высотных сетей, метод создания плановой и высотной сети, тип центра, наличие сигнала и т.д. Для каждого класса объектов были созданы все необходимые поля, позволяющие выполнить описание основных характеристик объектов. Так для класса геодезических пунктов были заданы поля описывающие: название пункта, номер центра, тип центра, метод определения плановых координат, метод определения высоты, классы плановых и высотных измерений, координаты, ссылку на файл описания и др.

После формирования базы геоданных была введена информация о пунктах геодезической опоры, твердых точках местности, к которым осуществлялась привязка пунктов, измерениях выполненных при привязке. При наличии слоя растровой подложки или слоев ЗИС можно получить абрисы привязки геодезических пунктов в среде ГИС (рисунок 1).



Рисунок 1 – Абрис привязки геодезического пункта в среде ГИС

На данный момент завершено формирование структуры базы данных, также введена информация по 22 пунктам полигонометрии и 43 пунктам триангуляции. По всем пунктам дополнительно составлены html-файлы подробно описывающие все характеристики пунктов и содержащие, в том числе абрисы привязки и элементы приведения при их наличии. Используя механизм «горячих связей» из среды ГИС для просмотра можно открыть Html-файлы.

Структура базы данных позволяет расширить перечень содержащихся в ней данных подключением растровых каталогов с материалами съемок и другими информационными слоями.

Завершен первый этап создания банка данных геодезического полигона, но работы по его формированию будут продолжены.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Земельно-информационная система Республики Беларусь. Порядок создания. ТКП 055-2006 (03150). – Минск, 2016. – 112.

## GIS «CEMETERY»

**А. Н. Кажан**

студентка 3-го курса кафедры геодезии и ГИС инженерно-строительного факультета  
Полоцкого государственного университета

**П. Ф. Парадня**

старший преподаватель кафедры геодезии и ГИС инженерно-строительного факультета  
Полоцкого государственного университета

GIS «Cemetery» – это одно из новейших направлений использования ГИС-технологий в Беларуси. Подобная система существует в России на некоторые регионы, но в Республике Беларусь ее аналоги используются для отдельно взятых кладбищ крупных городов. GIS «Cemetery» изначально разрабатывается для всей территории Республики Беларусь и начинает реализовываться в Миорском районе Витебской области. В последующем планируется выход за границы республики в рамках международного сотрудничества.

Задачи проекта решаются путем проведения публичной инвентаризации мест захоронений, в том числе с формированием паспортов захоронений. Основная цель инвентаризации: получить количественные и качественные характеристики кладбища, выявить свободные места для последующего землеотвода.

Основные задачи, решаемые GIS «Cemetery»:

- Увековечивание памяти об усопших;
- Составление карт захоронений;
- Оперативный поиск мест захоронений, внесенных в систему (в т. ч. через Интернет) и организация их дистанционного обслуживания;
- Внедрение системы паспортизации захоронений.

В разрабатываемом приложении с помощью Google Maps API подгружается подложка Google Maps. Google Maps API предоставляются бесплатно для широкого спектра применения, благодаря которому создается HTML-страница и карта с маркером.

При вводе данных захоронения делятся на следующие типы: действующее захоронение (синий маркер); заброшенное захоронение (оранжевый); неопознанное захоронение (желтый); пустой участок, пригодный для организации захоронения (красный).

Результаты инвентаризации должны быть сгруппированы в виде электронной базы данных.

Данная система является информационно-справочной средой для поиска мест захоронений и направлена на улучшение структуры кладбища.

В результате проделанной работы любой человек, из любой точки мира, получит возможность найти на кладбище могилу потерянного родственника или близкого человека.



Рисунок 1 – Захоронения близ деревни Чепуки Миорского района Витебской области

## **ПРИЛОЖЕНИЯ STORY MAP CROWDSOURCE: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА**

**А. О. Вахильчук**

студент магистратуры кафедры туризма и страноведения географического факультета  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

**Д. А. Тищук**

студент 4-го курса кафедры географии и природопользования географического факультета  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

**С. М. Токарчук**

к.г.н., доцент, доцент кафедры географии и природопользования географического факультета  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

Краудсорсинг – это мобилизация людских ресурсов посредством информационных технологий с целью решения задач, стоящих перед бизнесом, государством и обществом в целом. Суть краудсорсинга заключается в том, что задача предлагается неограниченному кругу людей в независимости от их профессиональной, возрастной и статусной принадлежности. Участники краудсорсинг-проектов образуют сообщество, которое путем обсуждения выбирает наиболее удачное решение. Для них это является хорошим средством реализовать себя и

использовать накопленные знания. Некоторые ученые доказали, что группы любителей, которые работают над какой-то задачей, зачастую могут выдавать лучшие результаты, чем профессионалы.

Краудсорсинг можно классифицировать по нескольким признакам: (1) *по сфере жизни* (бизнес, социальный, политический); (2) *по типу решаемых задач* (создание продукта (контента), голосование, поиск решения, поиск людей, сбор информации, сбор мнений, тестирование, служба поддержки, сбор средств и др.).

Также можно отметить ряд преимуществ краудсорсинга: большой охват, вовлечение широкого круга пользователей, очень большое количество вариантов решения задачи и многообразие выбора, экономия финансовых ресурсов и т.д.

Краудсорсинг широко и активно используют как бизнес-компании, так и органы государственной власти, некоммерческие организации. В настоящее время существует значительное количество успешно реализованных проектов с применением метода краудсорсинга (Википедия, конституция Исландии и др.).

В настоящее время для поддержки краудсорсинга можно использовать ряд информационных продуктов, которые позволяют, с одной стороны, упростить данный процесс, а с другой, - автоматизировать сбор, обработку и представление информации. Большое распространение среди данных информационных продуктов получили электронные карты. Например, в России успешно реализуются проекты «Save Baikal», «Экокарта России», и др.

Среди шаблонов карт-историй («Story map») облачной платформы картографирования ArcGIS Online можно также отметить шаблон «Story map Crowdsourcing». Данный шаблон позволяет публиковать и управлять краудсорсинговой историей, в которую любой пользователь интернета может добавлять фотографии с подписями, привязанные к определенной территории, например, крупному региону (страна, область), населенному пункту (город, деревня), зданию. Данное приложение создается с использованием лицензионного аккаунта (записи организации). Для участия в краудсорсинговой истории пользователи должны заходить под своими учетными записями Facebook, Google или ArcGIS, или использовать гостевую опцию. Также в шаблоне существует функция проверки, которая позволяет просматривать и подтверждать внесенную участниками проекта информацию.

В целом, шаблон «Story map Crowdsourcing» можно использовать для вовлечения широкой общественности в интересующую тему, для сбора фотографических или иных данных, а также в научно-исследовательских целях.

В настоящей работе приводятся примеры использования данного шаблона на примере двух направлений: (1) развития агроэкотуризма; (2) развития эколого-туристической деятельности на базе Центра экологии Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина.

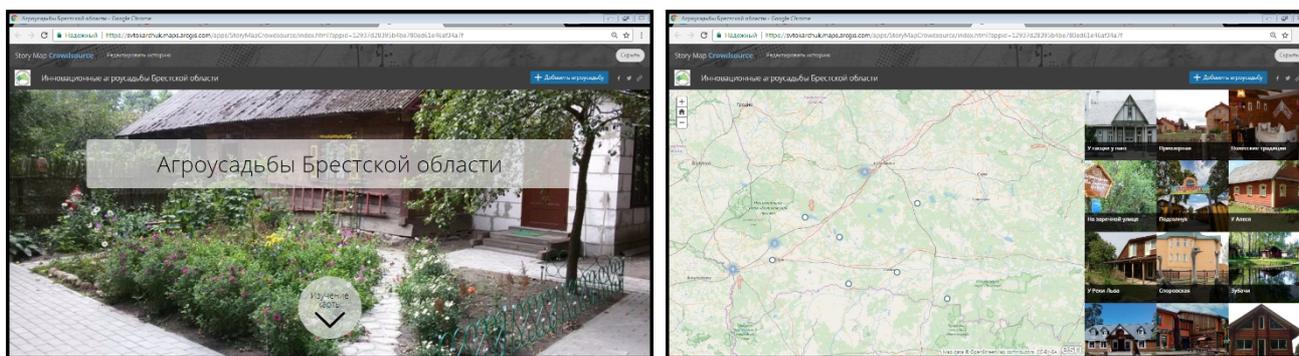
Изучение продвижения агроэкотуристического продукта средствами использования краудсорсинговых историй проводилось на нескольких территориальных уровнях: (1) для всей территории Беларуси, (2) для территории Брестской области; (3) для территории отдельных объектов.

Разработка и создание приложений для Центра экологии БрГУ имени А.С. Пушкина проводилось на примере его отдельных экспозиций: (1) отдела «Ботанические экспозиции»; (2) отдела «Агробиология»; (3) Зимнего сада.

В целом было выполнено более 10 приложений с использованием шаблона «Story map Crowdsource». Данные приложения с учетом методики их создания, особенностей заполнения и дальнейшего использования можно объединить в три основных типа.

1. Приложения, созданные с целью *инвентаризации туристических объектов*. Данные приложения представляют собой нанесенные на карту и проиллюстрированные фотографиями базы данных. Обычно они создаются одним либо несколькими пользователями преимущественно для выполнения научно-исследовательских и практических работ и характеризуются четкой логической структурой названия точек и их описания.

Например, для данного исследования были выполнены приложения «Инновационные усадьбы Брестской области» (рисунок 1) и «Центры происхождения экспонатов зала субтропиков Зимнего сада».



а) титульная страница

б) карта приложения

Рисунок 1 – Инвентаризационное приложение «Инновационные усадьбы Брестской области»

При создании данных приложений большое внимание уделялось вопросам выбора карты-подложки, особенностей внесения названий и описаний точек приложения. В частности, для приложения «Инновационные усадьбы Брестской области» подложкой была выбрана карта Openstreetmap, т.к. агроусадьбы располагаются в небольших населенных пунктах, которые нанесены только на данную карту подложку. К тому же, именно эта подложка позволяет наиболее полноценно использовать данное приложение, например, получить сведения о расположении агроусадоб по отношению к основным транспортным путям, а также наличию в ее окрестностях некоторых интересующих потенциальных агротуристов объектов (рек, озер, лесных массивов и др.).

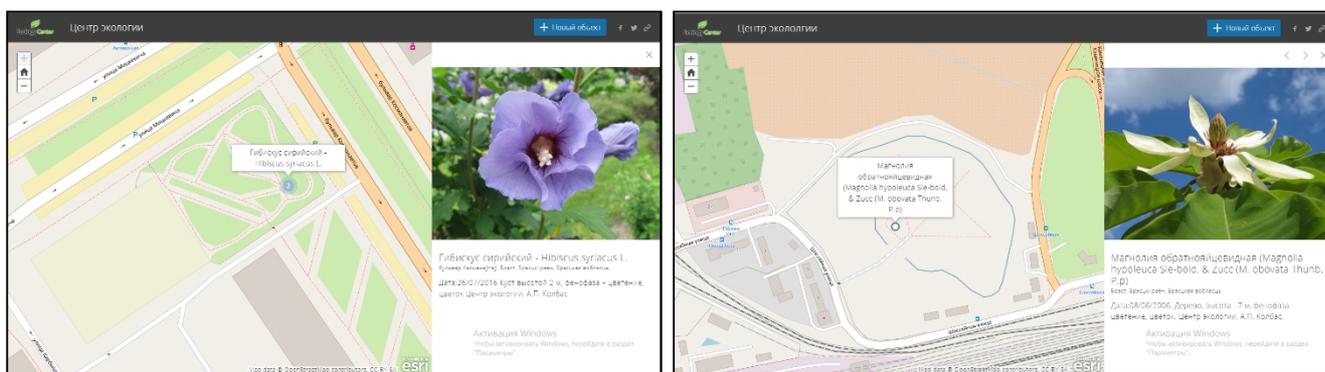
Названия точек в данном приложении соответствуют названиям усадеб, в то время как в описание вносится большое количество необходимой информации (инновационные направления работы, особенности местоположения усадьбы, сведения о владельце, контактная информация, ссылки на web-сайт или страницу в социальных сетях).

Созданное приложение можно использовать не только как инвентаризационную карту или web-ресурс для поиска агроусадьбы, но и как основу для про-

ведения научных исследований. В частности, существующая в данном шаблоне функция объединения близкорасположенных точек позволяет выделить определенные места концентраций агроусадеб. Например, в Брестской области четко выделяются кластеры в окрестностях Бреста, Кобрина и Барановичей (рисунок 1б).

2. Приложения, созданные с целью *сбора информации о существующих или потенциальных туристических объектах*. Данные приложения наиболее полно соответствуют шаблону «Story map Crowdsource».

Во-первых, в данной целью были созданы приложения для ландшафтных экспозиций Центра экологии БрГУ (рисунок 2), которые размещены на сайте университета и позволяют организовать сбор данных о растениях Центра (потенциальных туристических объектах).



а) Отдел «Ботанические экспозиции»

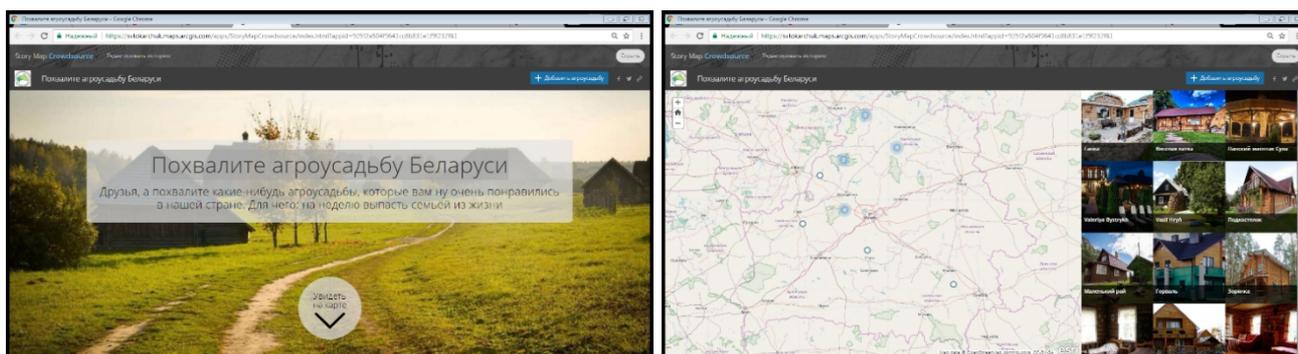
б) Отдел «Агробиология»

Рисунок 2 – Картографические web-приложения для экспозиций Центра экологии БрГУ

Особенность приложений – существование четкой инструкции, каким образом его заполнять и какие данные необходимо вносить в название и описание точек. Реализация (заполнение) данных приложений (в первую очередь, студентами, преподавателями и работниками университета) позволит получить большую базу данных растений в разные периоды вегетации и с четкой геолокализацией. Также данные приложения можно будет использовать и для научных исследований. Например, учитывая внесение даты фотографии в описание точки, а также наличие локальной метеостанции на территории отдела «Агробиология» возможно выполнение работ по влиянию климатических особенностей на растительность и др.

Для целей продвижения агроэкотуристического продукта было создано приложение «Похвалите агроусадьбу Беларуси» (рисунок 3). Идея создания приложения появилась в результате изучения постов в социальных сетях, когда люди пытаются посредством запросов к друзьям найти какие-либо места для отдыха. В частности, на примере одного из подобных постов и было создано данное приложение. Следует отметить, что пользователи очень активно давали совету по выбору агроусадыбы Беларуси для отдыха, однако, к комментариям к заметке чаще всего давалось название усадьбы и отзыв о ней. Таким образом, практически невозможно было быстро получить сведения об их местоположении и найти,

например, наиболее близкие к туристам усадьбы. Все эти проблемы не возникают, если пользоваться шаблонами «Story map Crowdsource».

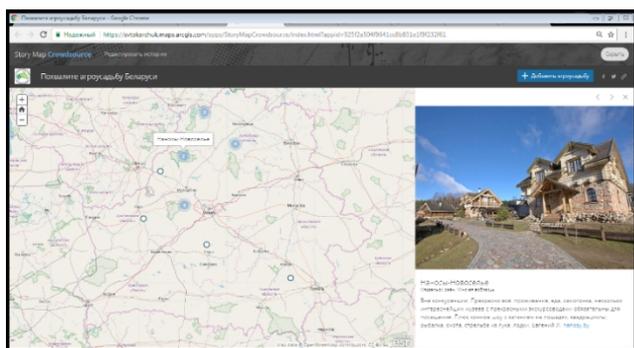


б) карта приложения

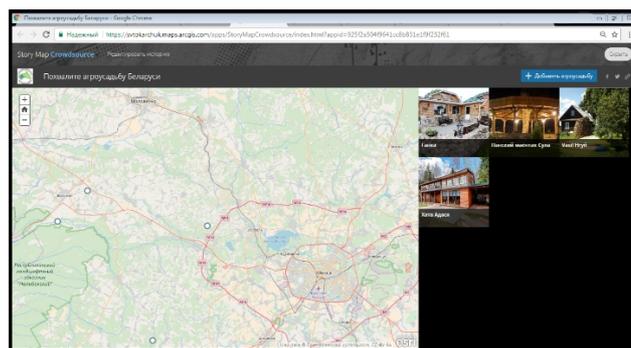
Рисунок 3 – Приложение «Похвалите агроусадьбу Беларуси»

Описание наносимых на карту агроусадоб соответствовало тем данным, что были представлены в комментариях (рисунок 4а). Также необходимо отметить, что данный тип шаблона значительно упрощает использование внесенной в него информации, например, можно выделить на карте только тот регион, в пределах которого вы ищите агроусадьбу и тогда в окне информации будут отображаться только те объекты, которые находятся в экстенде карты (рисунок 4б).

3. Приложения, созданные с целью *мониторинга посещений туристических объектов*. В настоящее время выполнено два приложения «География гостей Зимнего сада» (выполнено и размещено на сайте Центра экологии БрГУ) (рисунок 5) и «Агроусадьба «На заречной улице»: наши посетители» (выполнено и размещено на сайте агроусадьбы) (рисунок 6). Данные приложения выполнены в экстенде карты мира, т.к. посетители данных объектов приезжают из разных стран и фактически всех континентов.

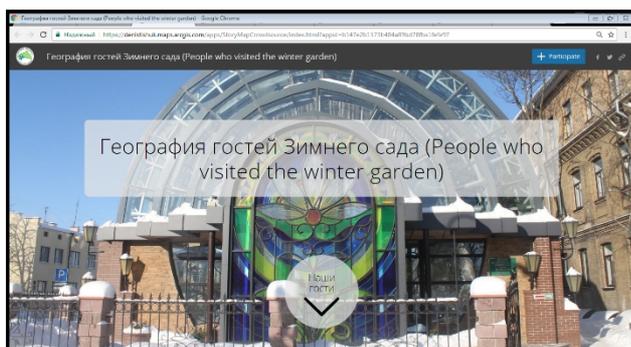


а) описание агроусадьбы

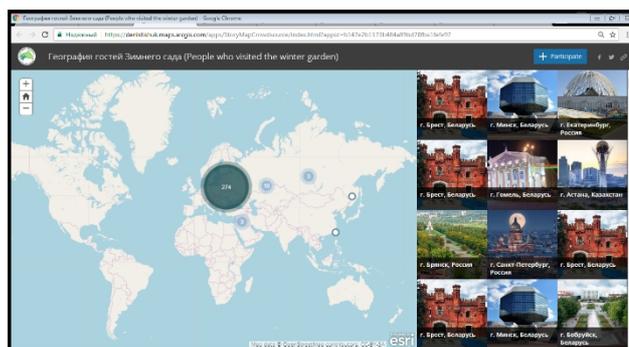


б) агроусадьбы в районе «Минск – Воложин»

Рисунок 4 – Приложение «Похвалите агроусадьбу Беларуси»

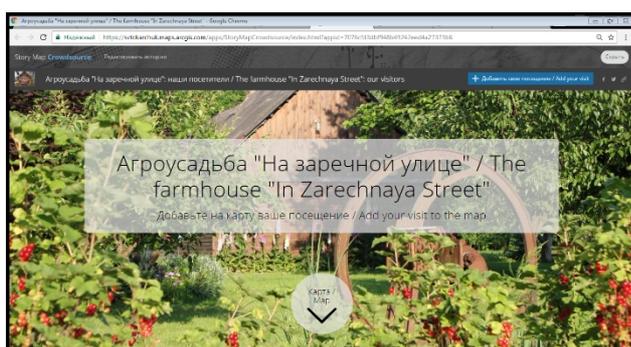


а) титульная страница

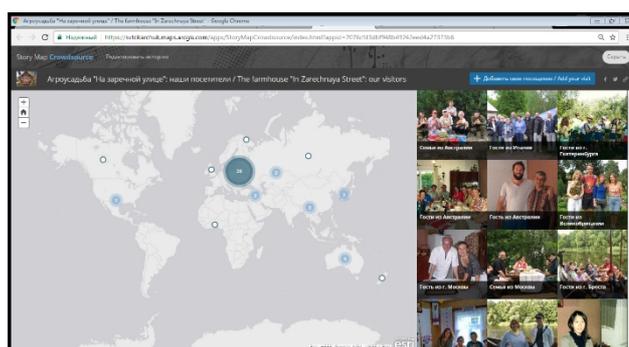


б) карта приложения

Рисунок 5 – Приложение «География гостей Зимнего сада»



а) титульная страница



б) карта приложения

Рисунок 6 – Приложение «Агроусадьба «На заречной улице»: наши посетители»

Созданные приложения являются своеобразными геосервисами, позволяющими создать единую базу данных посетителей отдельных туристических объектов, которую могут пополнять не только сотрудники данных объектов, но и сами посетители. Заполнение данных приложений позволяет выявить страны и города, из которых приезжает наибольшее количество посетителей. Заполненные в приложениях отзывы дают возможность определить, каким категориям людей интересны данные туристические объекты, какими целями они руководствовались, посещая их, какие экспозиции или услуги являются наиболее востребованными и т.д.

В дальнейшем на основании данных приложений можно проводить анализ географии посетителей и основных предпочтений посетителей из разных стран.

## **РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ГОРОДСКОГО ВЕЛОМАРШРУТА «BREST GREENWAY» НА ОСНОВЕ ШАБЛОНА STORY MAP JOURNAL**

**Д. А. Тишук, А. И. Бацкалевич,**

студенты 4-го курса кафедры географии и природопользования географического факультета  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

**С. М. Токарчук**

к.г.н., доцент, доцент кафедры географии и природопользования географического факультета  
Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина

Приложение Story Map Journal используется в случаях необходимости комбинирования текста повествования с картами и другими ресурсами. Map Journal содержит записи, или разделы, которые включают в себя связанную карту, изображение, видео или веб-страницу. Разделы легко пролистываются пользователем приложения. В разделах журнала также можно задать действия, чтобы, например, при щелчке на слове карта раздела автоматически приближалась к определенному местоположению. Формат Story Map Journal достаточно простой, но, несмотря на это дает множество возможностей. Map Journal может отображать историю, основанную всего на одной карте или информативное повествование со множеством карт, изображений и видео.

Таким образом, в настоящем исследовании приводится пример использования шаблона Story Map Journal для развития и популяризации велодвижения в городе Бресте на примере создания зеленых маршрутов.

Зеленый маршрут (Greenway) – это многофункциональные маршруты природного и культурного наследия, которые проходят вдоль естественных экологических коридоров, рек, исторических торговых путей, старых железных дорог. Такие маршруты поддерживают развитие туризма и отдыха, благоприятного для окружающей среды, пропагандируя здоровый образ жизни и формы передвижения – велотуризм, пеший туризм, водный туризм и др. Зеленые маршруты крайне редко разрабатывают для городских территорий, что часто обусловлено недостаточной концентрацией природных объектов в пределах густонаселенных урбанизированных территорий, а также сложностью их разработки. В тоже время, исходя из классификации зеленых маршрутов, представленных на сайте [greenways.by](http://greenways.by) территория города перспективна для созданий городских зеленых маршрутов (Urban Greenways).

Для территории города Бреста был создан проект Brest Greenway, включивший в себя один основной маршрут протяженностью 42 км и две ветви вспомогательных маршрутов.

Основной маршрут состоит из 19 опорных точек, которые включают 7 памятников природы, 3 архитектурных сооружения, 6 ботанических и 3 гидрологических объекта. Маршрут проходит, как по заброшенным и малоизвестным местам, так и по наиболее известной центральной части города. На протяжении всего маршрута природный ландшафт, сменяется антропогенно-преобразованным, что дает возможность увидеть одновременно многообразную и удивительную природу города Бреста. Уже разработанная ветвь вспомога-

ного маршрута имеет протяженность 6 км и включает один архитектурный, один гидрологический и один природоохранный объект.

Базой для создания данного проекта являлся картографический и фондовый материал, а также собственные полевые исследования, которые включают не только фотографический материал, но и многократное прохождение данного веломаршрута, что позволило его апробировать, уточнить и начать работу по его внедрению в развитие туристической сферы Бреста. Карта для приложения была создана во вьювере карт, основой для нее послужила база данных Excel, составленная ранее на основе собранного и проанализированного фотографического и информационного материала (рисунок 1).

№	Название	Вид	Тип условного обозначения	Координаты точки (широта/долгота)	Описание	Изображение объекта	Дополнительное изображение точки
1	Парк воинов-интернационалистов	Парк	Ботанический	52.002123 23.774428	Парк является в честь воинов-афганцев, на вернувшемся с войны. В память о солдатах там установлен памятник, табличка на котором гласит «Воинам друзьям, погибшим на линии Афганистан». У входа в парк есть монумент фронтопроектору. Планировка парка в лесной массиве была из трех зон: организационного отдела, получившая название прогулочной на основе традиции гастронамировой («Восточной»). Парк имеет особый статус «национального сада». Парк Воинов-интернационалистов в Бресте можно без преувеличения назвать «национальным учебным городом». Парковая зона плавно переходит в лесной массив. Парковая зона имеет четкое название, в своей структуре выделяется вход и является не только прогулочной и рекреационной зоной, но и зоной отдыха. Одной из главных достопримечательностей парка является «Белик», который на высоте 100 м является в городе самым абсолютным ручьем: сам с урбанистическим пейзажем сочетается с речью и покрывает для фотографий.		
2	Гребной канал	Искусственно созданный канал	Архитектурный	52.083456 23.740073	Брестский гребной канал - уникальное природное сооружение, визитная карточка города. Здесь удивительная река витает, идет Большой волной. Она расположена в центре города в 3 км от границы с Польшей. Канал имеет длину 2 274 м (сформированная дистанция - 2100 м, она состоит из 50 м, восточная протяженность - 210 м), ширина - 162 м, что полностью соответствует международным стандартам. По периметру канала построена ландшафтная тропа (ширина - 3 м, ширина - 4,5 м), создана вся инфраструктура для активного отдыха. Каналом стал оазисом для лучших спортивных-экологических центров не только в Брестской области, но и в республике. Оптимальные условия для спортсменов, любителей и гостей города: современная инфраструктура (уличные велосипеды, бассейны, скака, кафе, трансферная зона, кофейня-кафе - здесь все создано для активного отдыха, повышение спортивного настроения, приращивание и масштабирование опыта). Оазис из экологически чистых объектов города является оазисом.		
3	Пойма реки Мухавец	Пойма реки	Гидрологический	52.078284 23.718139	Речья Мухавец начинается в месте слияния рек Муха и Веш у г. Промыслы, устье и граница г. Брест. Впадает в Двуречье-Бугский волновой гуды. В городе Бресте располагается широкая течная река, шириной - 9,8 м до впадения реки в р. Двуречье-Бугский. Территория Брестской области. Дельта реки сильно изменена человеком. Барьер на суходольном участке реки образован дамбой. Ширина дельты - 1,5 - 2 км. Система умеренно-умеренная высотой от 3 до 5 м, открытая, местами раздвоенная или она имеет: Пойма мусоросборная, шпала, поребрики, створки и мусоросборные канализации, местами заболоченная. Ширина - 1-1,5 км, в половецкой и при впадениях готовится до глубины 1-2 м. В пределах разрабатываемого участка возможно существование. Куратором территории "Тростки".		

Рисунок 1 – База данных Excel web-приложения

На картографическую основу, представленную картой сервиса OpenStreetMap были нанесены точечные обозначения наиболее интересных природных объектов города. Все они были классифицированы на три категории, каждой из которых было присвоено свое условное обозначение (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация объектов проекта

<i>Памятники природы</i>	<i>Гидрологические объекты</i>	<i>Ботанические объекты</i>
Ели обыкновенные, змеевидной формы «Брестские», Бук лесной, Вишня птичья, Дуб черешчатый, Плющ обыкновенный, Брестская родниковая струга, Торфяник «Дубровка»	Пойма реки Мухавец, Малые и Большие Сои, Обводной канал	Заказник «Барбастелла», Лесопарк «Дубрава», Парк воинов-интернационалистов, Парк 1 мая, Сквер «150-ти летию войны 1812 года», Зимний сад, Сад непрерывного цветения

Маршрут движения был вычислен при помощи алгоритма задачи Коммивояжера. Он позволил вычислить и проложить маршрут наименьшей длины при посещении всех точек с возвратом в начальную.

После чего на основе вычислений на карту подложку был нанесен маршрут, обозначенный синим цветом для лучшего контрастирования с картой-подложкой (рисунок 2). Первоначально маршрут состоял из 16 точек.

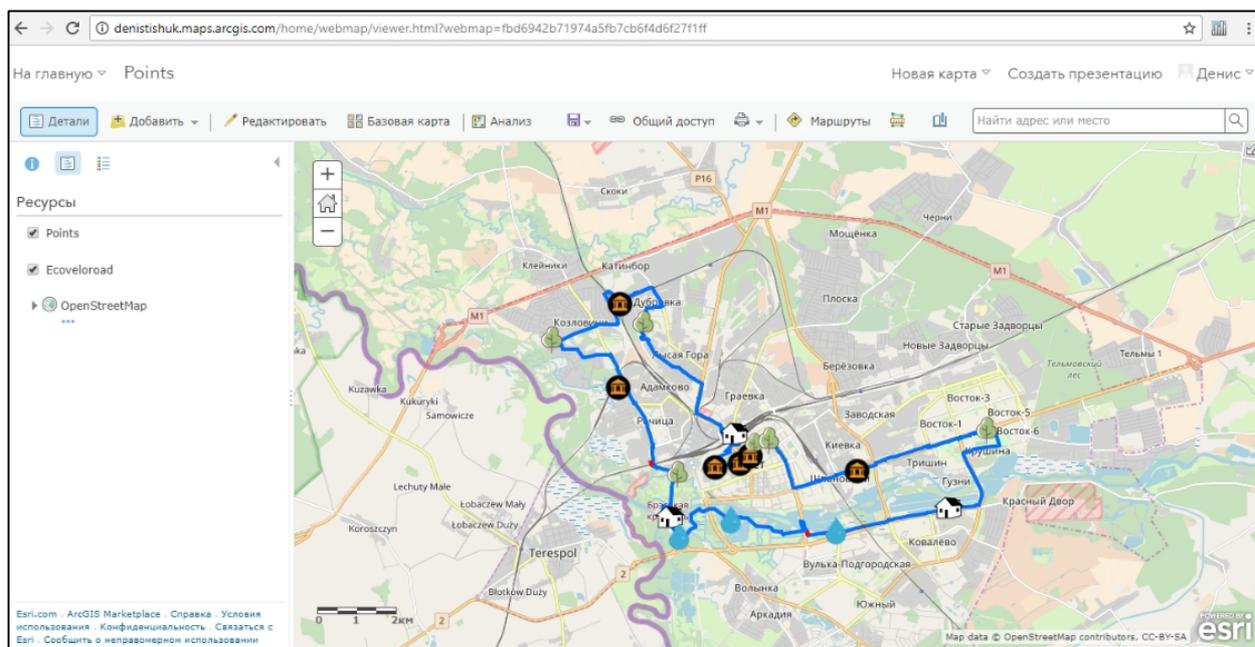
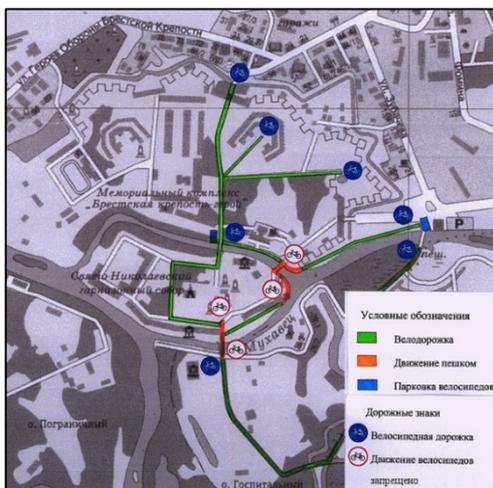


Рисунок 2 – Созданная во вьювере карт основная карта маршрута

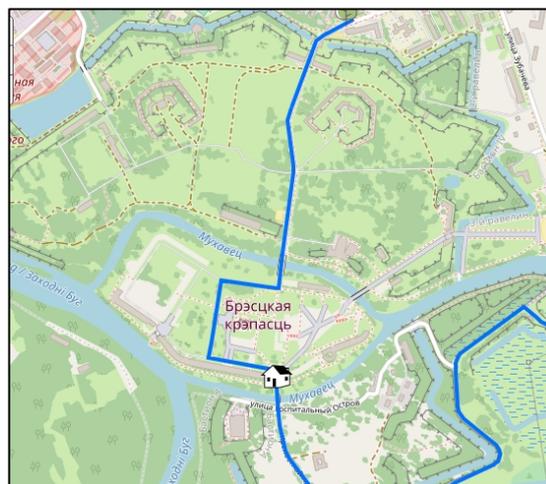
Однако, после того, как авторским коллективом маршрут был опробован, на карту были нанесены еще 3 дополнительных архитектурных объекта (Гребной канал города, Брестская крепость-герой и Брестский железнодорожный вокзал), представляющие большую историческую и культурную ценность для города. Это действие позволило сократить расстояние между опорными точками. Архитектурные объекты были обозначены на карте отдельным условным знаком, после чего первоначальная классификация объектов исследования была расширена до 4 категорий. На карту так же были нанесены потенциально труднопроходимые и (или) опасные участки маршрута, где велосипедист может столкнуться с препятствиями в его прохождении. Они были обозначены пунктирной линией красного цвета.

Стоит отметить, что при прокладывании зеленого маршрута, учитывалась система передвижения на отдельных территориях города и их частях, где передвижение велосипедистов по их территории строго регулировано нормативно-правовыми актами. Так в пределах Брестской крепости передвижение строго регулируется, определены дорожки и пути, по которым стоит следовать при передвижении по укреплениям Брестской крепости (рисунок 3).

В результате прохождения маршрута был собран весь необходимый фотографический материал. Результатом сбора фотографического, информационного материала и создания картографической основы стало Web-приложение «Brest Greenway», включившее 7 памятников природы (из которых один республиканского значения), 6 природных, 3 гидрологических и 3 архитектурных объекта.



а) принятая схема передвижения



б) схема передвижения согласно приложению

Рисунок 3 – Сравнение маршрутов передвижения по территории Брестской крепости

Первая страница приложения содержит название зеленого маршрута, краткое описание опорных маршрута и созданную ранее карту маршрута с нанесенными на нее точками и маршрутом (рисунок 4).

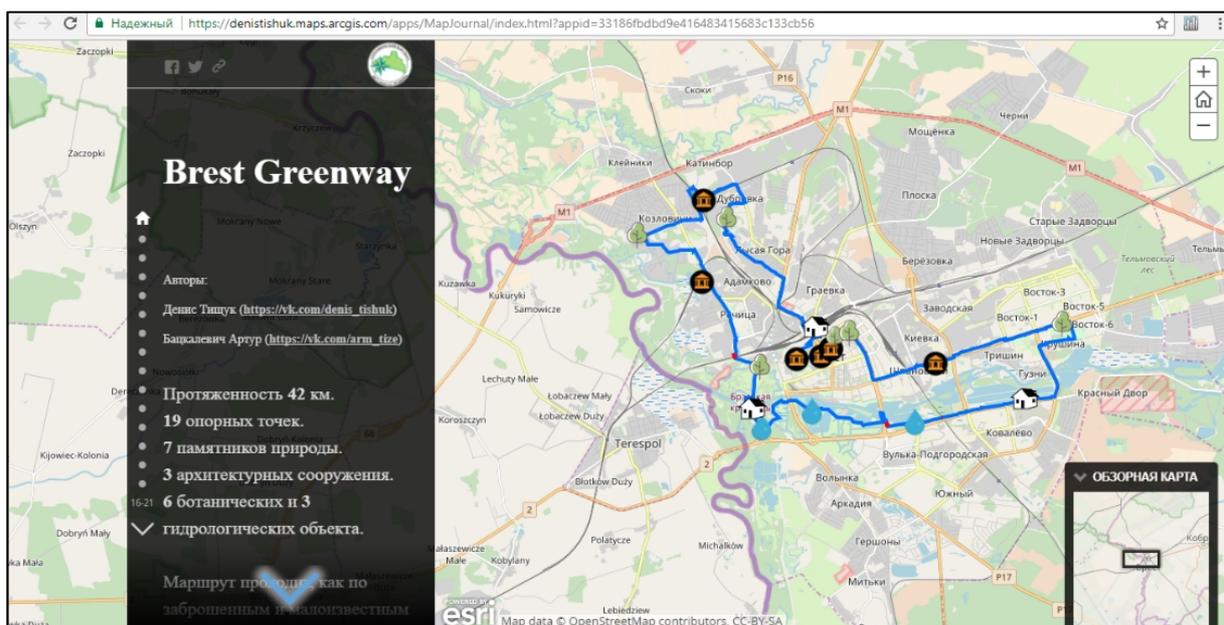


Рисунок 4 – Первая страница приложения «Brest Greenway»

Следующая страница приложения содержит фотографический материал и описательную информацию точки маршрута «Парк воинов-интернационалистов». Фотографии, размещенные на странице, имеют одинаковое разрешение – 4096×2304 pixels, что является высоким разрешением и позволяет детально изучить объект рассмотрения без его посещения. Описательная информация была тщательно отобрана из сторонних печатных и Интернет-источников, структурирована. Главной составной частью раздела является карта, включающая экстенд на описываемом объекте (рисунок 5).

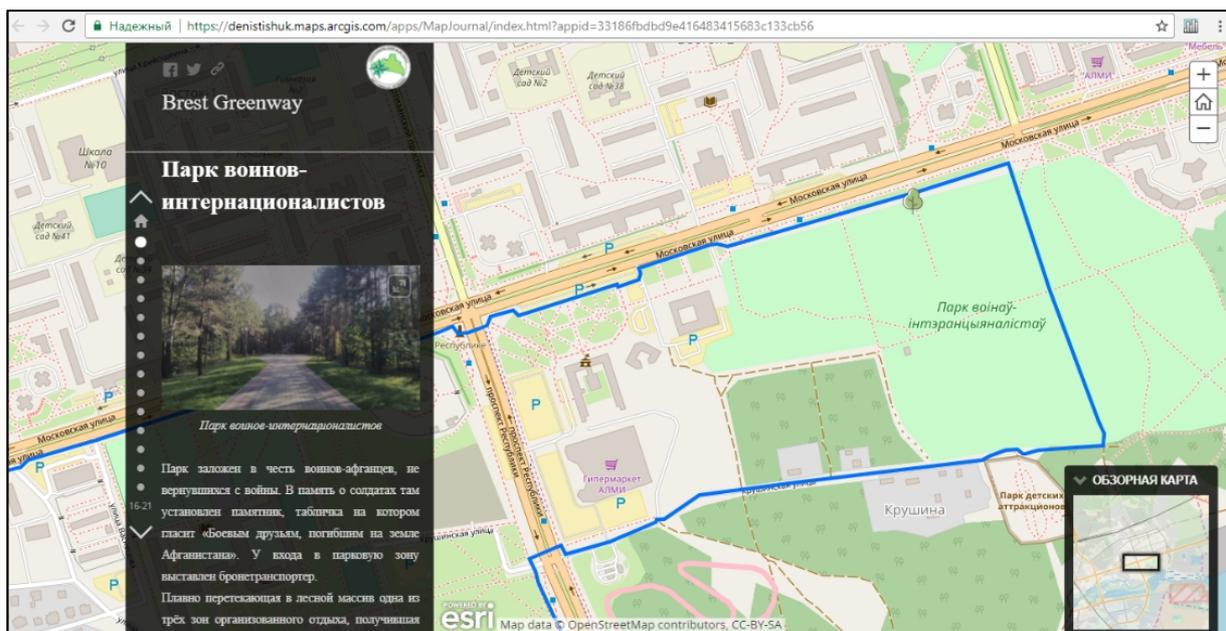


Рисунок 5 – Раздел «Парк воинов-интернационалистов» приложения

Данная методика, в дальнейшем, применялась для описания последующих точек приложения. Маршрут является кольцевым, поэтому понятия начальной и конечной точки маршрута равны, так, маршрут может начинаться в любом объекте с последующим возвращением к нему же.

Помимо включенных в приложение опорных точек в пределах города Бреста есть природные объекты, включение которых в основной маршрут не позволило бы сделать его кольцевым, оптимальным по продолжительности и времени прохождения. В связи с этим было принято решение создать дополнительные ветви маршрута, которые берут начало от основного маршрута и позволяют вернуться на него же, после чего продолжить следование по основному маршруту. Все дополнительные ветви маршрута включены в одно дополнительное приложение, где каждому из маршрутов принадлежит один раздел, где описываются каждая из точек маршрутов, упоминаются характерные для природных объектов виды растений и животных.

Созданное приложение апробировано группой велюлюбителей города, которыми были снесены предложения по дальнейшей разработке приложения. В настоящее время готовятся акты внедрения в общественные организации, занимающиеся развитием и популяризацией велодвижения в городе и районе.

Дальнейшее развитие проекта будет осуществляться в двух направлениях: разработка сети зеленых маршрутов по территории Брестского и смежных с ним районов; нанесение на карту объектов инфраструктуры велодвижения: точек общественного питания, центров сервисного обслуживания и проката велосипедов, медицинских учреждения и мест отдыха.

# **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ (НА ПРИМЕРЕ ВИЛЕЙСКОГО РАЙОНА МИНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**А. С. Куликова**

студентка магистратуры кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

**Д. П. Коротыш**

аспирант кафедры экономической и социальной географии географического факультета  
Белорусского государственного университета

**А. А. Карпиченко**

к.г.н., доцент, доцент кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

Подготовка новых туристических маршрутов является многоступенчатым процессом, предполагающим работу с картографическими, музейными, текстовыми материалами, тщательный подбор посещаемых объектов. Пространственное обоснование планируемого маршрута, а именно выбор региона с наилучшим туристско-рекреационным потенциалом, экскурсионных объектов, объединенных одной актуальной темой, и оптимальная компоновка маршрута – залог его популярности у потенциальных клиентов. Таким образом, использование набора функций визуализации, моделирования, пространственного анализа ГИС может помочь сделать эффективный выбор месторазмещения нового маршрута.

Цель настоящей работы – разработка схем новых туристических маршрутов с применением ГИС-технологий на основании количественной оценки туристско-рекреационного потенциала ландшафтов Вилейского района.

В процессе формирования туристического маршрута необходимо учесть ресурсный аспект изучаемой территории, при этом для характеристики пространственной ресурсной основы используется понятие туристско-рекреационного потенциала, определяемого как совокупность природных, историко-культурных и социально-экономических предпосылок, наличие которых обуславливает организацию эффективной туристской деятельности в конкретном регионе [3].

В качестве объектов исследования использованы ландшафты Вилейского района, рассматриваемые в качестве территориальных единиц организации туристской деятельности.

На первом этапе исследования произведена оценка природных и социально-экономических показателей по тематически сгруппированным блокам (таблица 1) [1].

Исходными пространственными и атрибутивными данными для исследования стали свободно распространяемые покрытия OpenStreetMap, включающие в себя шейп-файлы с информацией о границах, лесах, реках, озерах, дорогах, населенных пунктах, а также текстовые источники для построения точечных слоев с актуальной информацией о туристической инфраструктуре. С помощью картометрических функций настольного приложения ArcGIS были рассчитаны коли-

ческие данные, сформировав матрицу исходных данных для проведения кластерного анализа с целью группировки ландшафтов по степени пригодности туристической деятельности.

Таблица 1 – Показатели оценки степени туристско-рекреационного потенциала ландшафтов территории Вилейского района [1]

<i>Оцениваемые категории</i>	<i>Количественные показатели</i>
1. Выразительность рельефа	1.1 средняя абсолютная высота; 1.2 крутизна склонов; 1.3 густота расчленения рельефа; 1.4 глубина расчленения рельефа;
2. Обилие водных поверхностей	2.1 средняя густота рек; 2.2 средняя густота озер;
3. Обилие естественной растительности	3 лесистость;
4. Обилие антропогенных объектов	4.1 доля, занятая населенными пунктами; 4.2 густота дорожной сети;
5. Объекты туризма и инфраструктуры обслуживания	5.1 количество туристических объектов; 5.2 количество объектов туристической инфраструктуры; 5.3 доля, занятая природоохранными территориями.

На втором этапе исследования для обработки полученных количественных данных применен кластерный анализ, эффективность которого обусловлена разнородностью показателей, характеризующих туристско-рекреационный потенциал ландшафтов [2]. С использованием программного продукта «Statistica» произведена нормализация показателей, а также выполнена группировка объектов по методу дендритов (рисунок 1). По результатам выделено 5 групп ландшафтов, обладающих максимальным сходством.

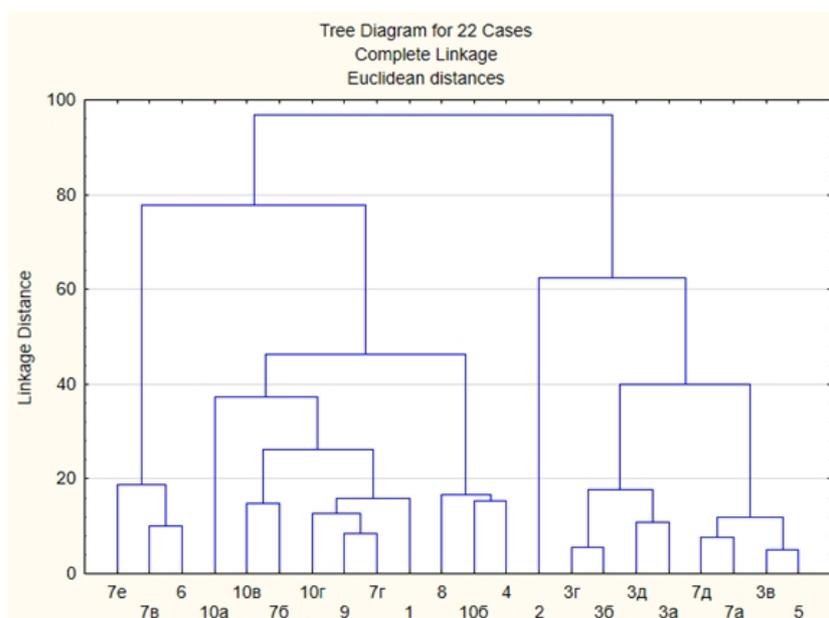


Рисунок 1 – Дендрограмма нормализованных показателей для проведения кластерного анализа с целью группировки ландшафтов Вилейского района по степени пригодности туристической деятельности

Внутри каждой из сформированных групп ландшафтов показатели приведены к унифицированной безразмерной величине. Для сопоставимости все исходные данные нормировались по формуле [4]:

$$x_{ij} = \frac{|x_{ij}^0 - x_j^0|}{\max/\min |x_{ij}^0 - x_j^0|}, \text{ где } i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, m; \quad (1)$$

где  $n$  – число видов ландшафтов;  $m$  – количество показателей ( $x_{ij}$ );  $x$  – наилучшие для каждого показателя оценочные значения;  $\max/\min_x$  – экстремальные значения показателей, наиболее отличающиеся от величин  $x$ :

$$\max/\min_x = \min_x, \text{ если } |\min_x - x| > |\max_x - x|,$$

$$\max/\min_x = \max_x, \text{ если } |\max_x - x| \leq |\min_x - x|.$$

В качестве наилучших выступают такие значения рассматриваемого показателя, при котором привлекательность ландшафта можно считать наибольшей – были использованы максимальные количественные значения показателей внутри каждой из пяти групп.

В результате вычислений значения каждого показателя было приведено к интервалу от 0 до 1, где 1 соответствовал максимальному значению привлекательности ландшафта, а 0 – минимальному [4].

После приведения показателей к единому виду проведена интегральная оценка, предполагающая балльную интерпретацию суммы показателей по блокам в зависимости от степени важности показателя для оценки туристско-рекреационного потенциала ландшафта. Так, безусловным определяющим фактором при разработке нового туристического маршрута, своеобразной «точкой притяжения» выступают туристические объекты, их количество и взаимное положение. При формировании многодневных экскурсионных туров важно учесть наличие соответствующей инфраструктуры – базы отдыха, агроусадыбы или палаточного лагеря, и др. При распределении величин коэффициентов для показателей превалирует метод экспертного анализа ввиду необходимости разностороннего учета природных и социально-экономических характеристик объекта исследований, вида разрабатываемого маршрута.

При интегральной оценке коэффициенты для оцениваемых блоков распределены следующим образом: показателям рельефа присваивается коэффициент 2,5, гидрографии – 2,0, показателю обилия естественной растительности – 2,0, доле населенных пунктов – 1,0, густоте дорожной сети – 1,5, показателю количества туристических объектов на территории – 5,0, доле природоохраненных территорий, количеству объектов инфраструктура туризма – 4,0 [1]. Разработана следующая шкала оценки степени пригодности к туристической деятельности в зависимости от индексного значения:

1. более 1,7 – наибольшая степень;
2. 1,7 – 1,4 – выше среднего;

3. 1,4 – 1,0 – средняя;
4. 0,7 – 1,0 – ниже среднего;
5. менее 0,7 – наименьшая (рисунок 2).

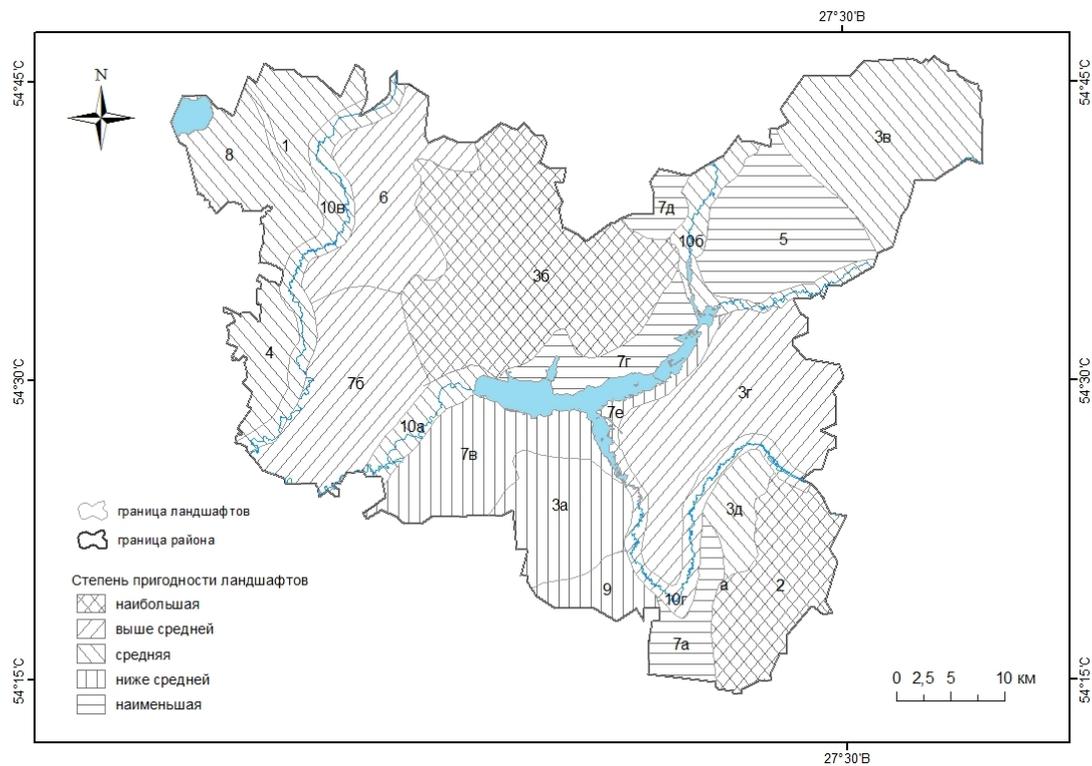


Рисунок 2 – Группировка ландшафтов Вилейского района по степени пригодности для туристической деятельности

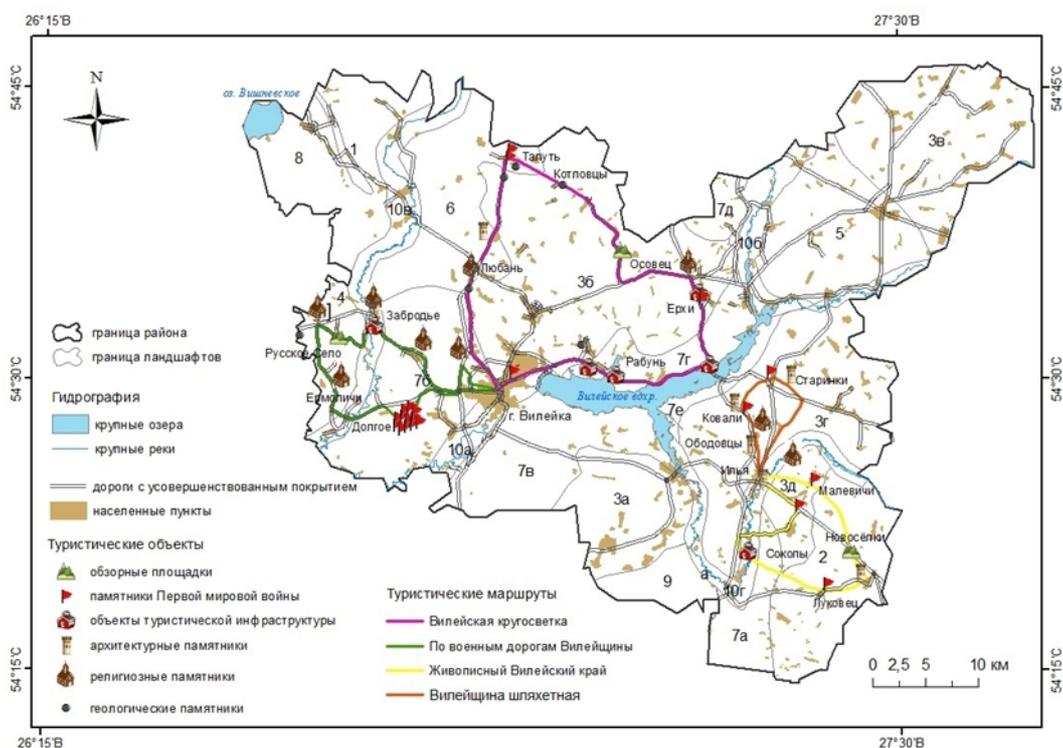


Рисунок 3 – Схема предлагаемых туристических маршрутов на территории Вилейского района

Используя результаты комплексной оценки пригодности ландшафтов для туристической деятельности, выявленные природные, историко-культурные особенности Вилейского района, разработано 4 туристических маршрута по территории района. Маршруты построены по кольцевому пути следования как наиболее подходящему для одно- и двухдневных маршрутов. При разработке были использованы тематический и тематико-хронологический способы построения маршрутов [3] (рисунок 3).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Курлович, Д.М. Оценка пригодности ландшафтов Воложинского района для туристической деятельности и разработка маршрутов экотуризма / Д.М. Курлович, С.В. Федорако, Е.А. Уланчик // Географія: праблемы выкладання. – № 2. – 2012. – С. 3–14.
2. Чертко, Н.К. Математические методы в географии: учебно-методическое пособие / Н.К. Чертко, А.А. Карпиченко. – Минск: БГУ, 2009. – 199 с.
3. Потаева, Г.Р. Основы экскурсоведения: учебное пособие / Г.Р. Потаева, Т.А. Федорцова. – Минск: БГУ, 2011. – 159 с.
4. Тикунов, В.С. Моделирование в картографии / В.С. Тикунов. – Москва: Изд-во МГУ, 1997. – 405 с.

### **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННОГО РЕЛЬЕФА НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»**

**В. Ю. Даглис**

студент 3-го курса кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

**Е. Д. Федорович, А. А. Сазонов**

студенты магистратуры кафедры почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

**Д. М. Курлович**

к.г.н., доцент, заведующий кафедрой почвоведения и ЗИС географического факультета  
Белорусского государственного университета

На современном этапе развития географической науки все большее значение приобретают географические информационные системы, с помощью которых возможен более оперативный и глубокий анализ изучаемых процессов и явлений, визуализация пространственной информации на качественно новом уровне.

Широкое применение современные ГИС-технологии получили в изучении рельефа. Инструментальные возможности ГИС позволяют подойти к визуализации геоморфологических объектов и процессов на более высоком качественном уровне, анализировать первичную основу, которой являются именно ДДЗ. Также сюда можно отнести моделирование процессов.

Данная работа посвящена именно этой тематике – применение ГИС-технологий в изучении рельефа. Основной целью работы было описание воз-

возможностей использования локальных земельных информационных систем при изучении рельефа, в частности антропогенно-трансформированного. Исследования проводились на примере территории национального парка «Нарочанский». В задачи исследования входили:

- составление карт расположения различных типов техноморф на территории национального парка «Нарочанский», с помощью программных возможностей программы ArcGIS на основе локальной ЗИС Мядельского района.
- составление картограмм плотности расположения техноморф на территории НП «Нарочанский».

Техногенный рельеф – это формы поверхности, возникающие в результате производственной деятельности человека (карьеры, тоннели, каналы, насыпи, отвалы и др.). Теоретической базой исследования стала классификация техногенного рельефа С. Ф. Савчика по системным признакам, которая позволяет определить типы техногенного рельефа – т.н. техноморфы.

Работы по составлению карт техноморф велись на основе локальной ЗИС Мядельского района в пределах границ национального парка «Нарочанский».

Классификация техноморф производилась следующим образом. В таблице атрибутов слоя ЗИС «Land» было сформировано новое поле «Техногенный рельеф», в которое заносились данные о типах техноморф. На основании выборки по атрибутам формировался SQL-запрос к атрибутивному полю «LandCode», осуществлялась выборка подтипов земель, относящихся к тому либо иному типу техноморф, затем формировалась запись в новом поле «Техногенный рельеф». Результаты выборки и уточнялись по космическим снимкам. Таким образом были построены карты расположения техноморф в соответствии с используемой классификацией.

Следующим этапом исследования стал расчет плотности техноморф в пределах национального парка «Нарочанский». Построена картограмма плотности расположения техноморф в пределах национального парка «Нарочанский», т.е. определены зоны наибольшей и наименьшей техногенной нагрузки на территорию национального парка (рисунок 1). Установлено, что общая площадь техноморф составляет 2744,6 га или 2,9 % территории парка. Из них наибольшую долю составляют техноморфы транспортных коммуникаций (1477 га), и субстратных поверхностей (540 га). Выявлено, что наибольшая плотность техноморф характерна для территорий населенных пунктов, где она составляет более 16 га/км<sup>2</sup> (рисунок 2).

Также важно установить распространение техноморф в контексте генетических типов рельефа. Выяснено, что наибольшее соотношение площади техноморф к площади естественного рельефа приходится на моренные равнины (более 4 % техноморф) и конечно-моренные возвышенности (около 3,5 %), наименьшее соотношение – на озерных террасах и озерно-аллювиальных равнинах (рисунок 3).

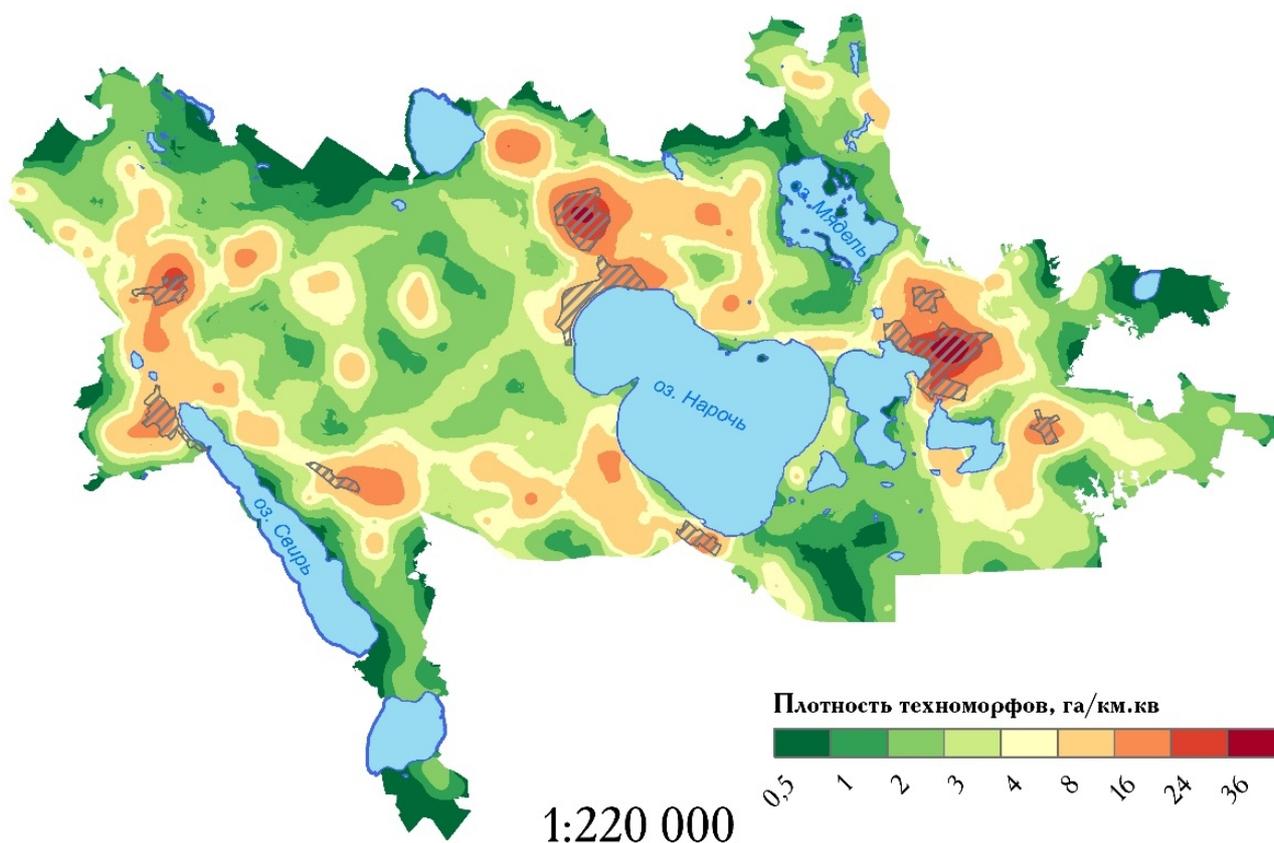


Рисунок 1 – Дифференциация плотности распространения техноморф на территории национального парка «Нарочанский»

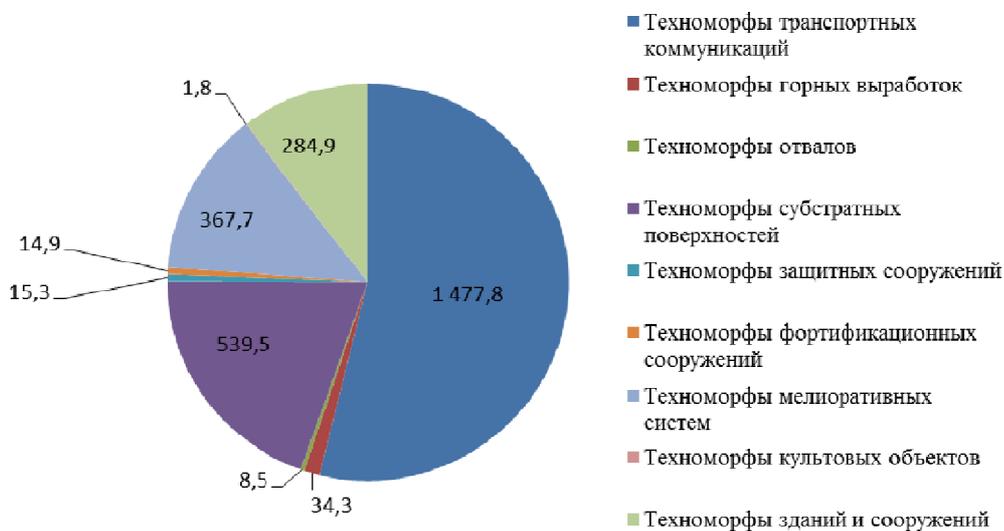


Рисунок 2 – Распределение площадей (в га) различных типов техноморф на территории национального парка «Нарочанский»

Рассматривая распространение техноморф в контексте функционального зонирования национального парка, выявлена четкая дифференциация антропогенной нагрузки в зависимости от режима использования территории. Так, в зонах регулируемого использования, внутренней охранной зоне и заповедной зоне техноморфы составляют менее 1 % территории. В хозяйственной и рекреацион-

ной зонах эта доля возрастает до 4 %, а во внешней охранной зоне – до 15 % (рисунок 4).

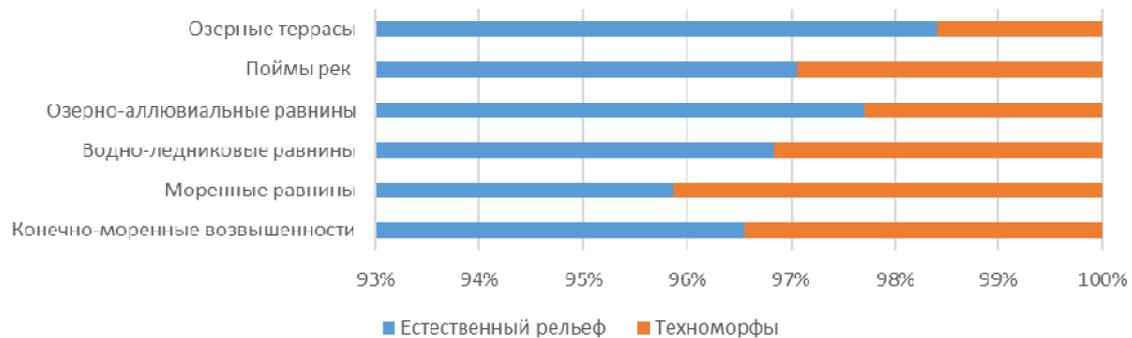


Рисунок 3 – Процентное соотношение площади техноморф к площади естественного рельефа в пределах генетического типа рельефа



Рисунок 4 – Процентное соотношение площади техноморф к площади естественного рельефа в границах функциональных зон

## РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ СОВМЕЩЕНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В РАМКАХ ГИС «ЭКОЛОГИЯ ГОРОДА ВИТЕБСКА»

**Е. В. Соколовский**

студент 3-го курса биологического факультета  
Витебского государственного университета имени П.М. Машерова

**А. Б. Торбенко**

старший преподаватель кафедры экологии и охраны природы биологического факультета  
Витебского государственного университета имени П.М. Машерова

*Цель:* создание картографической и информационной основы для разностороннего исследования экологического состояния городской среды.

*Задачи:*

- Выбор и адаптация материала для формирования картографической основы ГИС;

- Отбор экологически значимых параметров среды (естественных и антропогенных) для представления в ГИС, т.е. конструирование структуры геоинформационной системы;

- Создание тематических картографических слоев согласно спроектированной структуре ГИС и формирование соответствующих таблиц баз данных исходя из отобранных атрибутивных и пространственных характеристик объектов слоя

*Постановка проблемы.* В сети сегодня существует большое количество сервисов с картографической информацией о территории городов. По сути это открытые информационные системы, где можно узнать многое. Однако, существуют значительные ограничения в использовании данной информации в конкретных исследовательских задачах, так как сами базы данных остаются недоступны для пользователя. Мы имеем дело лишь с их картографическим отражением. В связи с этим при решении вопросов анализа экологической обстановки на территории города возникает необходимость создания собственной ГИС, структура которой, с одной стороны, отвечала бы целям исследователя, а с другой, легко соотносилась с общедоступной сетевой системой.

*Использованные материалы.* Картографической основой проектируемой ГИС были избраны материалы сетевого сервиса OSM, так как он предоставляет возможности прямого редактирования данных прямо в сети. На крупномасштабную картографическую основу выведен наибольший, на наш взгляд, объем подробной экологически значимой информации об антропогенной нагрузке на городские экосистемы, включая элементы функционального зонирования территории города, данные о промышленных объектах, транспортной нагрузке и т. д. Возможно использование карт сервиса как зарегистрированного растра подложки для создания необходимых векторных слоев нашей ГИС.

Вторым источником картографической информации явились топографические карты масштабов 1 : 10 000 – 1 : 100 000. Прежде всего, это касалось информации о рельефе и гидрографии. Кроме того, в связи с тем, что используемые карты достаточно старые (издание конца 1980-х), они позволяют также судить о динамике различных элементов городской среды за последние десятилетия.

Данные о загрязнении и использовании городской среды (как картографические, так и статистические материалы) получены от санстанции, гидрометслужбы, комитета ООС и ПР. В структуру ГИС встроены также результаты исследований территории г. Витебска сотрудников и студентов ВГУ имени П.М. Машерова.

В работе использовано следующее программное обеспечение и сетевые картографические сервисы: ГИС платформа MapInfo (лицензия); векторизатор Easy Trace (версия свободного доступа); Google Map, Google Earth, Yandex map, OSM (версия свободного доступа); SAS Планета (версия свободного доступа). Для решения определенных прикладных задач применялись ArcGIS (лицензия), ГИС Карта 11 (демоверсия), QGIS (версия свободного доступа).

*Проблемы:* низкая скорость кэширования сетевых данных; векторизация растров плохого качества; перепроецирование и подгонка карт разных источников.

*Низкая скорость кэширования сетевых данных.* Под сетевыми данными мы понимаем исходные растры электронных карт различного масштаба. Под кэшированием мы понимаем процесс программной обработки, в котором электронная карта, находящаяся на серверном ресурсе, преобразуется в исходный растр, сохраняемый на персональный компьютер. Почти все известные сетевые ресурсы предоставляют электронные карты в режиме просмотра. При этом для экономии времени загрузки карты используется система тайлов – участков карты, которые подгружаются с сервера по мере изменения координат просматриваемого участка.

На примере электронных карт города Витебска можно проследить геометрическую прогрессию роста количества тайлов при увеличении масштаба кэшируемой карты. Так, при использовании программного ресурса SAS Планета, карта Витебска во внутривидеопрограммной системе нумерации масштабов №12 состоит всего из 6 тайлов, в то время как в масштабе №19 эта же область выделения состоит из 61272 тайлов. Стоит отметить, что для дальнейшей обработки пригодны масштабы свыше № 19. В связи с огромным количеством подгружаемых тайлов мы сталкиваемся с проблемой, когда используется не вся возможная скорость интернет канала. Это происходит по причине наличия определенных систем защиты серверных аппаратов сетевых ресурсов от перегрузки и их выключения и/или поломки. Данное ограничение на разных ресурсах имеет разные значения. На ресурсе OSM оно составляет 2 тайла в секунду на одно http подключение при высокой степени загрузки серверов и 8 тайлов в секунду при низкой нагрузке. Однако, в связи с общедоступностью и наиболее качественной информацией карт OSM по отношению к другим свободным ресурсам, сервера данной организации большую часть времени находятся на предельных уровнях нагрузки. Путем несложных вычислений, можно рассчитать приблизительное время кэширования карты Витебска – 8 часов 30 минут.

Для решения этой проблемы существует ряд способов:

*А.* Увеличение количества одновременных http подключений. Этот способ является наиболее простым, так как осуществляется собственными средствами программы SAS Планета. Для этого в меню работы с выделенной областью во вкладке «Загрузить» необходимо установить отметку на пункте «Разбить область на части», после чего выставить количество необходимых областей. Однако, у этого способа есть свои минусы. И главным минусом является ограничение количества потоков – 4. Вторым значимым минусом является появление «битых» тайлов – участков растра, соответствующих определенным тайлам, которые, вследствие поточности обработки загрузились или обработались некорректно. Проблему можно решить только повторным кэшированием выделенной области с полной заменой уже прокэшированных областей.

*Б.* Разбивка карты по координатной сетке для кэширования на разных устройствах. Этот способ является более сложным по сравнению с первым, однако имеет огромное преимущество перед ним – фактическое ограничение скорости кэширования определяется только количеством имеющихся в распоряжении устройств и отдельных интернет-подключений. При этом, очень важно, чтобы каждый компьютер, участвующий в общем кэшировании, имел свой отдельный

интернет канал, так как в случае, если несколько компьютеров будет подключено к одному интернет соединению, серверная система защиты будет распознавать подключения данных устройств как подключение одного, тем самым устанавливая ограничение в 4 одновременных http канала. Минусами данного способа являются необходимость ручной разбивки кэшируемой области на фрагменты, а также высокая техническая обеспеченность.

*В.* Автоматическая разбивка по координатной сетке для кэширования на разных устройствах. Огромным плюсом данного способа является автоматизация процесса разбивки карты на части и автоматизация сбора файлов кэша с разных устройств. Для осуществления данного процесса необходима организация так называемого ботнета – сети компьютеров, объединенных через интернет, которые могут управляться с центрального компьютера – узла. На центральном узле необходима разработка программного обеспечения, которое будет поддерживать связь и взаимодействие всех компьютеров сети. В такой сети каждый компьютер получает конкретный участок карты, который кэшируется им при использовании его собственного интернет соединения. Далее файлы кэша передаются на узел сети, который и будет в дальнейшем заниматься склейкой тайлов из кэша в готовый растр. Таким образом, ограничение на поточность соединения теряет всякое значение. На первое место выходят ограничение пропускной способности интернет канала узла сети и вычислительная мощность этого узла. Огромным минусом данного способа является его большая сложность в технической организации. Помимо наличия большого количества компьютеров и интернет соединений, необходима разработка своего программного обеспечения, что требует от человека довольно обширных знаний в данной области.

*Векторизация растров плохого качества.* В практике работы с ГИС иногда приходится работать со старыми графическими материальными носителями информации – различными картами. Зачастую эти карты имеют потертости и складки, они хаотично искажены в пределах каждой ячейки координатной сетки, за счет чего прямая обработка сканов этих карт становится невозможной. Решить эту проблему поможет программа EasyTrace, которая находится в открытом доступе.

Работу по данной теме следует осуществлять согласно следующего порядка:

1. Предварительная привязка исходного растра к проекту;
2. Автоматическая векторизация рамки и сетки листа топокарты;
3. Автоматическая коррекция и привязка растра к проекту;
4. Векторизация, атрибутирование, контроль.

Для начала работы необходимо создать новый проект EasyTrace на основе импорта верной рамки номенклатурного листа из системы ГИС, после чего необходимо добавить к проекту исходный растр без какой-либо коррекции. Далее необходимо путем цветокоррекции выделить всю черную часть растра.

После чего, изменяя параметры цветокоррекции, необходимо добиться извлечения из растра линий сетки и рамки листа. С помощью инструмента «Поиск линий» распознаем рамку растра. Данный инструмент позволяет собрать целую векторную линию на основе ее обрывков. Собранная линия оптимизируется в соответствии с параметрами, заданными в стратегии инструмента. Векторизиро-

ванную рамку передадим утилите «Распознавание сетки». Сетка, снятая с раstra, будет нести подробную информацию о его искажениях, а значит, ее можно использовать для коррекции исходного раstra. Сам процесс коррекции в этом случае будет произведен на основе информации, заключенной в узлах сетки. Перепривязываем растр при помощи автоматического выбора опорных точек. В итоге растр искажается не только в пределах рамки листа, но и в пределах каждой ячейки, что значительно повышает точность полученной на ее основе векторной карты.

Такая коррекция растров является фактором, который сильно повышает качество получаемой информации. При этом, даже новые бумажные карты имеют ряд искажений, обусловленных усадкой бумаги и особенностями микроклимата помещений. В таких случаях коррекция раstra по координатной сетке может убирать погрешность, зачастую составляющую 1–2 толщины растровой линии.

*Перепроецирование и подгонка карт разных источников.* Зачастую при работе с ГИС ставится проблема несоответствия материалов из различных источников. В случае карт с разными проекциями самый рациональный способ – искажение по рамке – простое перепроецирование путем растяжения одной стороны раstra. Однако зачастую искажения носят хаотичный характер. В таком случае необходимо нивелирование искажений. Эта задача может быть решена несколькими способами. Самый рациональный способ – Искажение по координатной сетке – способ был рассмотрен ранее. В данном случае речь идет о топографических картах, которые часто не соответствуют картам, полученным при помощи спутниковых снимков. На точности таких карт сказывается и время – большинство топографических карт были изданы еще в прошлом веке. Стоит отметить, что и карты, полученные с помощью спутниковых технологий, являются далеко не идеальными. Таким образом, в исследованиях, не требующих особо высокой точности, допустимы некоторые искажения.

Самый простой способ наложения одной карты на другую – искажение растровой версии одной карты под контуры векторной карты. Осуществляется это при помощи программ работы с растрами. Наиболее распространенная программа – Adobe Photoshop. С помощью инструментов «Растяжение» и «Сжатие», а также инструмента «Искажение в направлении» можно “потянуть” участок изображения, не разрывая важных линий на карте, а только искажая их. При этом следует добавить векторный слой в программу, чтобы использовать его как шаблон. Полученный растр далее векторизируется и добавляется к общему рабочему пространству ГИС. Стоит отметить, что данный способ является наименее точным. Однако этот метод является очень простым, и для его осуществления требуется непродолжительное ознакомление с данными инструментами.

Второй способ подгонки карт основан на преобразовании векторного слоя одной карты для подгонки к векторному слою, основанному на другой карте. Для его осуществления потребуются программное обеспечение, способное отображать фактические координаты узлов векторного слоя. Данному требованию соответствует программа QGIS, которая распространяется без ограничений. Для осуществления искажения необходимо провести векторную линию по направлению, в котором требуется провести корректировку. Далее необходимо проста-

вить узлы на всех точках пересечения векторного слоя искажаемой карты и этой линии, при этом узлы проставляются как на векторном слое, так и на самой линии. После этого необходимо найти соотношение расстояния между узлами проведенной линии, после чего крайний к кромке искажения узел сдвигается в необходимое положение, а все остальные ее узлы выставляются по найденной ранее пропорции. Таким образом, мы получаем опорные точки, на которые необходимо выставить соответствующие ранее проставленные точки пересечения векторного слоя.

Для наиболее точного соответствия необходимо проделать подобную операцию в наибольшем количестве направлений, обеспечивая необходимую точность подгонки. Основной недостаток этого способа – очень высокая трудоемкость и отсутствие возможности автоматизации, для которой на данный момент не разработано программного обеспечения.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ПРИ КАРТОГРАФИРОВАНИИ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

**А. А. Сазонов**

студент магистратуры кафедры почвоведения и ЗИС  
географического факультета Белорусского государственного университета

**Е. А. Антипова**

д.г.н., профессор, заведующий кафедрой экономической и социальной географии  
географического факультета Белорусского государственного университета

**В. М. Храмов**

старший преподаватель кафедры геодезии и картографии  
географического факультета Белорусского государственного университета

Повсеместное внедрение цифровых технологий в картографическое производство ознаменовало начало нового этапа в развитии картографии, ключевой особенностью которого является появление таких отраслей, как мобильная картография, трехмерная, мультимедийная и анимационная картография.

Толчком к бурному развитию трехмерной, или 3D-картографии стало, во-первых, появление высокопроизводительных аппаратных платформ, и во-вторых – появление геоинформационных систем, что обеспечило возможности хранения, обработки и визуализации трехмерных данных.

Технология трехмерной печати зародилась в середине XX века, тогда же были выпущены первые 3D принтеры. На сегодняшний день существуют различные технологии 3D-печати. Так, технология стереолитографии (STL) позволяет выращивать смоделированный на компьютере трехмерный объект из жидкой фотополимеризующейся композиции (ФПК), нанося ее слой за слоем на подвижную платформу, погружаемую в ванну с ФПК. Данный способ хорошо себя зарекомендовал для создания рельефных карт [2]. Технология FDM (Fused Deposition Modeling – моделирование методом наплавления) – это нанесение слоев расплавленного пластика печатающей головкой принтера, повторяющих контуры цифровой модели. В качестве материалов для печати выступают термо-

пластики, например, PLA или ABS пластики, поставляемые в виде катушек нитей или прутков. Технология FDM – одна из наиболее дешевых технологий трехмерной печати.

Помимо достоинств, сегодня трехмерная печать имеет и ряд недостатков. В частности, ограничена палитра используемых цветов, скорость создания моделей остается недостаточно высокой. Также стоит отметить, что создание трехмерных моделей требует специализированных умений и навыков, недоступных рядовому пользователю.

На сегодняшний день основным, и, пожалуй, единственным применением технологий создания трехмерных карт оставалось моделирование рельефа земной поверхности. Источником данных здесь обычно выступают топографические карты, однако все чаще используются высокоточные системы лазерного сканирования (LIDAR), которые открывают возможности для полной реализации потенциала 3D-печати [1].

Авторами была создана трехмерная модель Республики Беларусь, на уровне административных районов отражающая долю населения старше 60 лет. Данная модель впервые отражает пространственно-определенную информацию, в частности, социально-демографические показатели, в виде трехмерной карты.

Модель выполнена в виде объемной блок-диаграммы и построена в абсолютной шкале, что позволяет на новом, доселе недостижимом, уровне точности показать различия в неравномерности старения сельского населения нашей страны.

Выделяется три этапа производства модели:

- сбор и подготовка исходных данных;
- непосредственно моделирование;
- производство готовой модели на 3D-принтере.

Этап сбора и подготовки данных заключается в сборе и систематизации статистической информации по демографическим показателям административных районов Республики, и загрузки данных в среду моделирования – ГИС ArcGIS ArcScene. В качестве исходных данных геометрии нами был использован слой административных границ OpenStreetMap на территорию Республики, данные по возрастному составу населения взяты из статистического ежегодника Национального статистического комитета «Демографический ежегодник Республики Беларусь, 2016».

В соответствии с данными Демографического ежегодника было заполнено соответствующее поле атрибутивной таблицы для слоя административных районов, и сформирована 3D-сцена.

Построение модели осуществляется в трех программных продуктах. Моделирование производится в ГИС ArcScene – данное ПО позволяет визуализировать геоданные и проводить их первичную обработку. Функционал символизации ArcScene позволяет задавать параметры трехмерного отображения моделей в зависимости от значений атрибутивных полей.

После создания модели, производится ее экспорт в формат VRML (англ. Virtual Reality Modeling Language – язык моделирования виртуальной реальности) – стандартизированный формат файлов для демонстрации трехмерной инте-

рактивной векторной графики. Для задания параметров масштаба печати модели используется приложение Microsoft 3D Builder.

Производство (печать модели) проходит в два этапа. Первый этап – разрезание модели на слои и их преобразование в управляющий код принтера. Второй этап – собственно загрузка управляющего кода в принтер, и печать. Операция слайсинга проводилась с использованием программного пакета Cura.

Материал печати при выполнении данной работы – одноцветная пластиковая ABS-нить. При печати модели использовался принтер 3D Systems CubeX с технологией струйной печати FDM. Точность печати составляет  $\pm 1\%$  для моделей с габаритами более 50 мм, размер области построения 275×265×240 мм, толщина печатного слоя – 0,1 мм [3].

Основным достоинством полученной модели являются ее изобразительные качества. Нам удалось отобразить картографируемый показатель на качественно новом уровне – горизонтальный масштаб модели составляет 1 : 2 340 000. Градуированная шкала представлена масштабом 1 : 1, т.е. в 1 мм – 1 %. Использование технологий трехмерного моделирования и трехмерной печати позволили сохранить форму границ районов в заданном масштабе, что было недостижимо в картографическом производстве ранее, когда для изготовления моделей использовался термовакуумный способ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Godwin, A. Hello, this is London rising / Andrew Godwin [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.aeracode.org/2016/05/16/hello-london-rising>.
2. Панченко, В. Лазерная стереолитография – создание рельефных карт по фотограмметрическим данным зондирования Земли / В. Панченко, В. Майоров, М. Хорошев // Фотоника – 2009. – № 1 – С. 16–20.
3. CubeX / 3D Systems Inc. [Electronic resource]. – Mode of access: [www.3dsystems.com](http://www.3dsystems.com).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В ПОСТРОЕНИИ ПОГОРИЗОНТНЫХ СТРУКТУРНО-ФАЦИАЛЬНЫХ КАРТ-СХЕМ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ТОЛЩИ

**В. А. Крошинский**

инженер отдела четвертичной геологии филиала «Институт геологии»  
РУП «НПЦ по геологии»

**А. А. Вашков**

к.г.-м.н., научный сотрудник Геологический институт КНЦ РАН, г. Апатиты

Целью исследования являлось создание с помощью геоинформационных систем (далее ГИС) погоризонтных структурно-фациальных карт четвертичных отложений эталонных участков геологической среды Беларуси, а также карт дочетвертичной поверхности и мощности четвертичных отложений. В качестве полигона исследования был выбран северный участок Минской краевой ледниковой возвышенности в пределах административного Логойского района. Четвертичный покров исследуемой территории представлен здесь в основном сериями мощных чешуй и надвигов ледниковых отложений сожской стадии припятского

оледенения: моренных супесей и суглинков, песчано-гравийных смесей, разнозернистых песков и глин. Эти конечно-моренные образования залегают на водно-ледниковых отложениях и основных моренах припятского и березинского ледниковых горизонтов. С поверхности чешуйчатые и надвиговые структуры перекрыты покровом флювиогляциальных аккумуляций фаций конусов выноса, покровных и долинных зандров сожского подгоризонта и поозерского ледникового горизонта [1–2].

Фактическим материалом для написания данной работы послужили фондовые и литературные геологические материалы. Геологическое картографирование проводилось на основе информации 3 листов геологической карты масштаба 1 : 200 000 и 18 листов геологических, гидрогеологических карт и карт геолого-генетических комплексов масштаба 1 : 50 000. Для построения схем было использовано 186 колонок буровых скважин.

Работа проходила в несколько этапов, их методика описана в таблице 1.

В результате работы были созданы пять цифровых карт: структурная карта дочетвертичной поверхности, карта мощности четвертичных отложений и структурные карты поверхностей березинского горизонта, а также днепровского и сожского подгоризонтов.

Таблица 1 – Методика создания комплекта цифровых моделей карт Логойского района

Карта дочетвертичной поверхности	Буровые колонки 186 скважин на территории Логойского района и за его пределами; Карты фактического материала масштаба 1:50 000 – N-35-55-Б; N-35-55-Г; N-35-56-А; N-35-56-Б; N-35-56-В; N-35-56-Г; N-35-57-А; N-35-57-В; N-35-67-Б; N-35-68-А; N-35-68-Б; N-35-68-В; N-35-68-Г; N-35-69-А; N-35-69-Б; N-35-69-В [3, 4, 6].	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создание точечного shp-файла и нанесение на него позиций буровых скважин;</li> <li>2. Заполнение атрибутивной таблицы скважин (поля «номер», «высота устья скважины», «абсолютная отметка кровли дочетвертичных пород» и «возраст дочетвертичных пород»);</li> <li>3. Построение карты рельефа дочетвертичных пород (Spatial Analyst→Интерполяция→Естественная окрестность);</li> <li>4. Проведение изогипс рельефа дочетвертичных пород (Spatial Analyst→Поверхность→Изолиния);</li> <li>5. Создание и разделение shp-файла на полигоны, соответствующие геологическим и литологическим разностям коренных пород;</li> <li>6. Построение карты путем поочередного совмещения полученных изображений.</li> </ol>
Карта мощности четвертичных отложений	Цифровая модель современной поверхности в формате bil; цифровая карта дочетвертичной поверхности.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Получение растровой модели мощности четвертичных отложений путем поочередного вычитания из модели современной поверхности – поверхности дочетвертичной (Spatial Analyst→Математические→Minus);</li> <li>2. Создание модели изопакит (Spatial Analyst→Поверхность→Изолиния);</li> <li>3. Построение карты путем поочередного совмещения полученных изображений.</li> </ol>

Структурно-фациальные карты березинского горизонта, а также днепровского и сожского подгоризонтов	Буровые колонки 186 скважин на территории Логойского района и за его пределами; цифровая модель современной поверхности в формате bil.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заполнение атрибутивной таблицы скважин (поля «абсолютная отметка кровли березинского горизонта» и «генезис березинских отложений»);</li> <li>2. Построение карты рельефа поверхности березинского горизонта (Spatial Analyst→Интерполяция→Естественная окрестность);</li> <li>4. Проведение изогипс рельефа поверхности березинского горизонта (Spatial Analyst→Поверхность→Изолиния);</li> <li>5. Создание и разделение shp-файла на полигоны, соответствующие генетическим и литологическим разностям березинских отложений;</li> <li>6. Построение карты путем поочередного совмещения полученных изображений.</li> </ol>
---	--	---

Создание карт не является конечным результатом работы геоинформационной системы, не являющейся статичным элементом. Дальнейшие этапы работы ГИС заключаются в мониторинге и оперативном изменении информации, а также в статистической обработке, анализе и возможности прогнозирования географически привязанной информации.

Использование ГИС в подобной работе позволяет создать единую базу данных для каждого горизонта не ограниченную пространственно и имеющую точную географическую привязку. При создании структурно-фациальных карт разных территорий руководствуются общей легендой, а при ее устаревании, любой элемент легко заменяется новым. Устранение обнаруженных неточностей происходит на уровне вектора и не занимает много времени. Все это позволяет значительно упростить задачи геологического картирования и поисковых работ на подземные воды и строительные полезные ископаемые из четвертичных отложений Беларуси.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вальчик, М.А. Краевые образования Белорусской гряды / М.А. Вальчик [и др.]. – Минск, 1990. – 196 с.
2. Комаровский, М.Е. Минская и Ошмянская возвышенности / М.Е. Комаровский. – Минск: ИГН АН Беларуси, 1996. – 125 с.
3. Михалева, Т.А. Отчет о комплексной геолого-гидрологической и инженерно-геологической съемке масштаба 1 : 50 000 для целей мелиорации в водосборах рек Илии и Гайны. Том I / Т.А. Михалева [и др.]. – Мн.: Ин-т геол. Наук, 1979. – 287 с.
4. Отчет о комплексной геолого-гидрогеологической и инженерно-геологической съемке масштаба 1:50 000 для целей мелиорации в водосборах верховьях рек Вилии и Березины №2. Том I / Ю.В. Сапега [и др.]. – Мн.: Ин-т геол. Наук, 1977. – 413 с.
5. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: Объяснительная записка / С.А. Кручек, А.В. Матвеев, Т.В. Якубовская и др. – Минск: РУП «БелНИГРИ», 2010. – 282 с.
6. Отчет о комплексной геолого-гидрогеологической и инженерно-геологической съемке масштаба 1:50 000 для целей мелиорации в водосборах верховьях рек Вилии и Березины. Том I / В.В. Шахнюк [и др.]. – Мн.: Ин-т геол. Наук, 1976. – 449 с.

# СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА АДМИНИСТРАТИВНОГО РАЙОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**А. Н. Маевская, О. И. Новик**

студентки магистратуры кафедры географии и природопользования географического факультета Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

**О. В. Токарчук**

к.г.н., доцент, доцент кафедры географии и природопользования географического факультета Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

В настоящее время в результате выполнения прикладных географических исследований у исследователя, как правило, накапливается большое количество картографического, табличного, фотографического и иного материала. При этом, следует отметить, что чаще всего данный материал остается в выполненной работе. Поэтому наиболее актуальным сегодня видится такое направление, как создание электронных атласных продуктов, которые позволят объединить весь накопленный материал, представить его более наглядно, а электронная версия сделает его удобным для распространения и доступным для потенциальных потребителей.

Сегодня электронное атласное картографирование является одним из наиболее распространенных способов представления разнообразной картографической информации. В свою очередь к настоящему времени сложилось множество подходов к определению самого понятия электронный атлас (ЭА).

Так, например, в учебнике картоведение ЭА – это картографическое произведение, функционально подобное электронным картам, сопровождаемое программным обеспечением типа картографических браузеров (картографических визуализаторов) [2].

В.С. Тикунов ЭА определяет, как систему визуализации в форме электронных карт, электронное картографическое произведение, функционально подобное электронной карте, поддерживающиеся программным обеспечением типа картографических браузеров, обеспечивающих покадровый просмотр растровых изображений карт, картографических визуализаторов, систем настольного картографирования [1].

На сайте «Дата +» ЭА – это полнофункциональный картографический сервис с большим количеством тем и слоев, которыми можно управлять [3].

При этом электронные атласы характеризуются рядом особенностей: (1) ЭА позволяют сочетать картографические изображения с другим иллюстративным материалом (графиками, диаграммами, фотографиями), текстовыми описаниями, музыкальными файлами и др; (2) информация, содержащаяся в ЭА, может периодически обновляться, что делает его постоянно актуальным; (3) ЭА являются общедоступными, наглядными и могут создаваться для территорий любого ранга; (4) электронные атласы могут распространяться через Интернет, тиражироваться в большом количестве и включать любой объем информации; (5) на основе одного большого по содержанию атласа могут быть созданы несколько мень-

ших по объему и отличающихся по тематическому наполнению атласных продуктов.

Электронные атласы выполняются для территории разного ранга (страны, области, бассейны). Реже в качестве единиц исследования используются административные районы. При этом, выбор в качестве территориальных единиц исследования административных районов имеет ряд преимуществ: (1) возможность получения статистических данных, (2) существование четко определенных границ исследования, (3) возможность внедрения результатов проведенного исследования (4) потребность в результатах исследований со стороны местных органов власти для целей принятия необходимых управленческих решений в той, или иной сфере.

В данном исследовании территориальными единицами выступали Жабинковский и Березовский административные районы, что было обусловлено рядом особенностей.

Так, например, Жабинковский район является самым маленьким по площади административным районом Беларуси (684 км<sup>2</sup>). Кроме того, район характеризуется высокими показателями распаханности территории (более 65 %) и невысокими показателями удельного веса ООПТ (0,68 %). В то же время территории отдельных сельсоветов района имеют потенциал для создания в их границах новых ООПТ, преимущественно ботанического типа и незначительных по своей площади – памятников природы. Жабинковский район также представляет интерес с точки зрения электронного атласного картографирования, т.к. в настоящее время школы административного района, Жабинковский районный комитет природных ресурсов и ООС испытывают нехватку в качественной картографической информации, касающейся природных аспектов территории административного района.

Березовский район является уникальным микрорегионом Брестской области для проведения эколого-гидрографических исследований. Во-первых, он расположен в пределах двух провинций и четырех районов ландшафтного районирования, а также в пределах трех округов и четырех районов физико-географического районирования. Во-вторых, район характеризуется средними и высокими значениями основных гидрографических характеристик, по сравнению с другими районами области (в частности это касается показателей озерности, густоты речной сети и т.д.).

В данной работе представлен опыт создания электронных атласов по результатам комплексных геоэкологических исследований – «Геоэкологический анализ природоохранного потенциала Жабинковского района» и «Эколого-гидрографический анализ Березовского района».

На основе выполненных комплексных геоэкологических работ для территории Жабинковского и Березовского районов были созданы два типа атласов. Во первых, автономные выверенные атласы (рисунок 1).



Природоохранный атлас Жабинковского района



Эколого-гидрографический атлас Березовского района

Рисунок 1 – Обложка автономного выверенного атласа административных районов

Верстка автономных версий атласов Жабинковского и Березовского районов производилась с использованием программы *Microsoft PowerPoint* с помощью управляющих кнопок и гиперссылок для перехода на разные страницы (начало, содержание, назад).

Атлас Жабинковского района включает три основных раздела: «Общая характеристика Жабинковского района», «Характеристика природных компонентов природоохранного потенциала», «Геоэкологическая оценка природоохранного потенциала». Для создания автономного выверенного атласа Жабинковского района использовался самостоятельно созданный картографический материал (рисунок 2), который включал различные типы карт (тематические, оценочные карты). Кроме того, особенностью оценочного раздела атласа является наличие страниц методики (рисунок 3).



Пример тематической карты



Пример оценочной карты

Рисунок 2 – Пример страниц электронного атласа Жабинковского района



Пример страницы с методикой оценки



Пример страницы с матрицей и текстовым описанием

Рисунок 3 – Пример методических страниц в атласе Жабинковского района

Атлас Березовского района включает преимущественно картографический материал различного типа (инвентаризационные, оценочные и синтетические карты) и уровня обработки (рисунок 4). Содержательная часть атласа представлена четырьмя разделами: «Современное состояние поверхностных вод Березовского района»; «Природные факторы формирования поверхностных вод района»; «Факторы антропогенной нагрузки на поверхностные воды»; «Оценка экологического состояния малых водосборов». Помимо основного содержания, атлас содержит вспомогательные разделы: «Пояснительная записка», «Концепция атласа», «Использованные источники».



Пример тематической карты

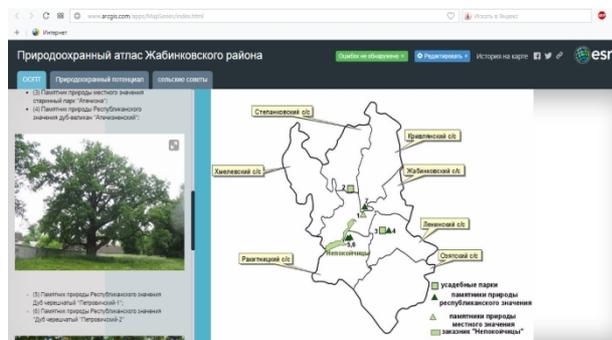
Название малого водосбора (МВ)	Индекс	Тип	Площадь, км²	Площадь, % от района
МВ р. Ясельда до впадения канала Винец	я1	ЧП	470,19	33
МВ канала Винец	я2	ЧВ	358,24	25
МВ р. Ясельда до впадения р. Жигулянка	я3	ЧП	142,87	10
МВ р. Жигулянка	я4	ЧВ	341,95	24
МВ р. Ясельда до впадения канала Опинский	я5	ЧП	87,8	6
МВ р. Мухавец до впадения канала Королевский	м1	ЧП	8,32	0,6
МВ канала Днепровско-Бугский	М2	ЧВ	6,96	0,5
МВ р. Мухавец от впадения канала Королевский до впадения канала Бона	м3	ЧП	7,33	0,5

Пример представления табличных данных

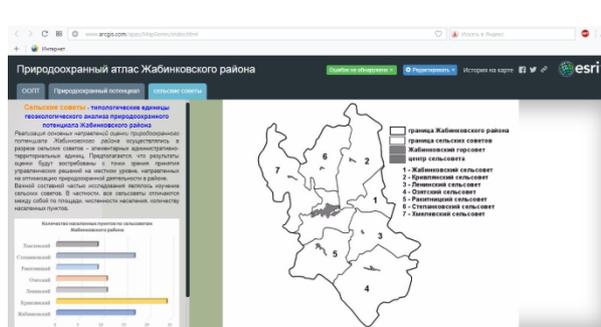
Рисунок 4 – Пример страниц электронного атласа Березовского района

Во-вторых, были созданы Интернет-версии электронного атласа Жабинковского и Березовского районов с использованием средств облачной инфраструктуры платформы картографирования *ArcGIS Online*. Для создания интернет-версий атласов использовался шаблон web-приложения *Story Map Series*. Данный шаблон позволяет добавлять большое количество карт или местоположений, использовать видео, изображения или веб-элементы иллюстрирующие картографический материал приложения.

Для создания природоохранного Интернет-атласа Жабинковского района были использованы растровые карты, которые дополнялись текстовым, графическим, фотографическим материалом (рисунок 5).



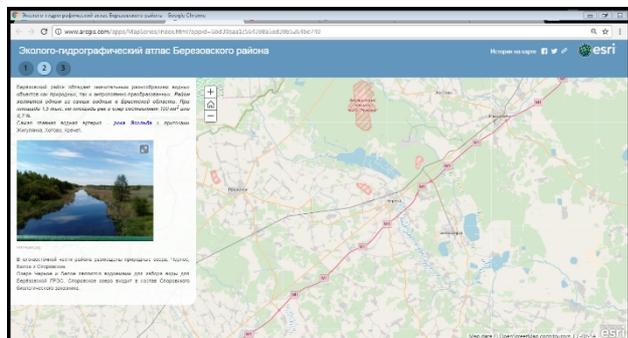
Пример страницы с дополнительным фотографическим материалом



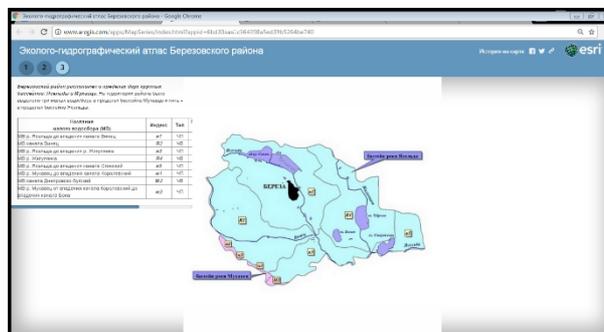
Пример страницы с дополнительным графическим материалом

Рисунок 5 – Интернет-версия электронного природоохранного атласа Жабинковского района

Электронный эколого-гидрографический атлас Березовского района включает последовательное описание эколого-гидрографических особенностей района дополненных картографическим, текстовым, табличным, графическим, фотографическим материалом (рисунок 6). Кроме того, атлас включает результаты оценочного исследования, представленные в виде картосхем, табличного и графического материала.



Пример страницы с дополнительным фотографическим материалом



Пример страницы с дополнительным графическим материалом

Рисунок 6 – Интернет-версия электронного эколого-гидрографического атласа Березовского района

В заключении можно отметить, что создание электронных атласов по результатам комплексных геоэкологических исследований в настоящее время является очень актуальным, т.к. такие атласы позволяют интегрировать весь накопленный в ходе исследования материал и представить его в наглядной форме. А научная составляющая таких атласов делает их более достоверными и позволяет применять в различных сферах деятельности административных районов – в школах (при проведении исследований краеведческого характера), местными органами управления, инспекциями природных ресурсов.

В целом созданные атласы позволят:

- 1) упростить доступ населения к информации об основных особенностях и современном состоянии природных объектов районов,
- 2) способствовать развитию туристического потенциала районов исследования,
- 3) популяризировать экологические и научные знания и т.д.

Методическая часть разработки может стать основой реализации подобных работ для других районов Республики Беларусь.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов / Е.Г.Капралов [и др.]; под ред. В.С. Тикунова. – М.: Академия, 2005. – 480 с.
2. Картоведение: Учебник для вузов / А. М. Берлянт [и др.]; под ред. А.М. Берлянта – М.: Аспект Пресс, 2003. – 477 с.
3. Андрианов, В.Ю. Неокартография / В.Ю. Андрианов // Геоинформационные системы для бизнеса и общества [Электронный ресурс]. – 2009. – № 1 (48). – Режим доступа: [http://www.dataplus.ru/news/acreview/detail.php?ID=1114&SECTION\\_ID=33&phrase\\_id=2779447](http://www.dataplus.ru/news/acreview/detail.php?ID=1114&SECTION_ID=33&phrase_id=2779447). – Дата доступа: 05.11.17.

## **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «ГИС-ВН-М»**

**К. Э. Якимовец**

курсант 3-го курса военного факультета Белорусского государственного университета

**С. А. Михновский, Д. И. Шутович, П. С. Мазур**

курсанты 4-го курса военного факультета Белорусского государственного университета

**А. С. Черенко**

преподаватель общей военной кафедры военного факультета  
Белорусского государственного университета

Программно-информационный комплекс поддержки принятия решений на основе геоинформационных систем военного назначения модернизированный (ПИК ГИС-ВН-М) обеспечивает моделирование и анализ свойств местности для выполнения задач по топогеодезическому обеспечению боевых действий войск на оперативно-тактическом и тактическом уровнях. Он также предназначен для использования в органах управления штабами оперативного и тактического звена Вооруженных Сил Республики Беларусь при подготовке данных для принятия оперативных решений на проведение операций и применение оружия.

ПИК предполагает решение следующих функциональных задач:

- анализ и оценка местности в топогеодезическом отношении;
- анализ состояния и оценка тактических свойств местности по материалам космической съемки, аэрофотосъемки, видеосъемки и картографическим материалам;
- создание пространственных моделей местности для их отображения на экранах коллективного пользования;
- решение расчетных и информационных задач по электронным картам;
- оперативный анализ местности в ходе проведения командно-штабных учений и планирования боевых операций;
- ввод, редактирование и ведение разнородных данных оперативно-тактической обстановки на электронной карте;
- подготовка графических документов для задач планирования и выполнения боевых задач;
- поддержка принятия решений в части визуализации и оценки текущей оперативно-тактической обстановки.

Для решения вышеупомянутых задач комплекс обладает широким спектром функциональных возможностей.

*1. Загрузка исходных данных.* Задачи загрузки и визуализации цифровой информации о местности предназначены для преобразования картографических данных к внутреннему формату обработки ПИК ГИС-ВН-М и отображения их на экране в системе УЗ, принятой в ПИК ГИС-ВН-М, и виде удобном для восприятия пользователя.

Для поддержки большого объема карт на район боевых действий применяется метод создания атласа карт под одним файлом паспорта района и пересчитанных на один осевой меридиан.

2. *Выполнение измерительных операций.* Измерительные операции представляют собой совокупность задач, выполняемых на основе метрики и высотной характеристики объекта и предназначенных для определения пространственных характеристик объекта. К таким операциям относятся:

- вычисление координат точек. Данная функция предназначена для пересчета координат точки из системы координат рабочего окна, в одну из следующих систем координат: систему координат ЦКМ; полную систему координат Гаусса-Крюгера; геодезическую систему координат;

- вычисление длины объекта. Функция выполняет расчет длины объекта по заданной метрике, путем суммирования значения расстояния между двумя соседними точками. Она имеет две модификации – расчет длины объекта по карте и с учетом рельефа местности (используя матрицу высот);

- расчет площади объекта. Функция выполняет расчет площади области по заданной метрике. Метрика может вводиться в интерактивном режиме с помощью мыши, либо получается при идентификации объекта. По идентификатору площадного объекта считывается метрика внешнего контура и при наличии внутренних контуров их метрика в системе координат ЦКМ;

- определение высоты точки. Функция выполняет определение высоты точки по координатам указанным мышью на изображении электронной карты. Определение высоты точки выполняется с использованием объектов рельефа и планово-высотной основы с интерполяцией, либо с учетом рельефа местности (используя матрицу высот);

- вычисление расстояния. Задача предназначена для определения минимального расстояния между: двумя объектами; точкой и объектом; двумя точками;

- вычисление углов азимутов. Данная задача предназначена для вычисления угла азимута заданного двумя точками. Вычисление азимута осуществляется методом решения обратной геодезической задачи;

- расчет объема выемок. Функция предназначена для определения объема выемок грунта по набору параметров: осевой линии выемки, ширине, глубине.

3. *Выполнение информационно-аналитических запросов.* Информационно-аналитические запросы предназначены для анализа информационного состава и логической структуры ЦКМ и объединяют в себе несколько классов задач:

- задачи определения пространственных отношений объектов. Одна из ключевых возможностей ПИК ГИС-ВН-М – выполнение пространственных операций с векторными данными. Модуль пространственно-логических связей (ПЛС) предназначен для определения пространственных отношений между объектами ЦКМ. Перечень определяемых пространственных отношений: вхождение, примыкание, пересечение, соседство;

- задачи поиска и отбора объектов по заданным параметрам. Они предназначены для формирования множества объектов, удовлетворяющих условиям поиска/отбора;

- задачи получения оперативной и статистической информации. Модуль получения информации по объекту включает в себя функции получения трех видов справки по объекту, формирование блока текстовой справочной информации

и оперативное отображение текущего состояния электронной карты. Модуль получения статистической информации предназначен для вычисления суммы значений характеристик объектов, принадлежащих задаваемой области или всей ЦМ и соответствующих условиям запросов, а также для вычисления минимальных, максимальных и средних значений объектов, принадлежащих задаваемой области и соответствующих условиям запросов.

4. *Выполнение расчетных задач.* Расчетные задачи предназначены для проведения картографических и топографических расчетов на основе полной совокупности данных ЦКМ и объединяют в себе несколько классов задач:

- задачи картографических расчетов и преобразований;
- задачи построения матриц, буферных зон, карты уклонов и экспозиции склонов, профиля рельефа и 3D-моделей;
- задачи определения зон затопления и зон видимости.

5. *Выполнение оперативно-тактических задач.* Оперативно-тактические задачи предназначены для подготовки исходных данных и моделирования тактических и стратегических ситуаций для проведения боевых операций и объединяют в себе несколько классов задач:

- задачи расчета потребности и запаса топокарт предназначены для обеспечения войск картматериалами для проведения боевых операций;
- задачи нанесения оперативно-тактической обстановки предназначены для моделирования боевых операций и решения тактических и стратегических задач на основе модели;
- задачи поиска областей заданного размера и характеристик и оценки свойств местности предназначены для анализа тактических свойств местности на наличие тех или иных объектов определенного класса.

6. *Формирование цифровых районов.* Задачи формирования цифровых районов предназначены для получения производных цифровых районов на базе исходных ЦТК стандартной разграфки.

Модуль СШИВКА предназначен для формирования цифрового района (ЦКМ) из совокупности исходных цифровых топографических карт (ЦТК) посредством сшивки/склейки смежных листов исходных ЦТК. В качестве исходной информации используются цифровые топографические карты. Модуль выполняет следующие функции:

- анализ корректности исходных ЦТК, определение масштаба, типа моделей и возможности их сшивки по этим критериям;
- формирование массива координат габаритной рамки, осевого меридиана, файлов справки, метрики и семантики результирующей ЦТК;
- копирование объектов исходных ЦТК в результирующую;
- составление таблицы граничных точек для линейных и площадных объектов, выходящих на границы сшивки и их сортировка;
- формирование парных точек для сшиваемых объектов;
- поиск начальной точки сшиваемого объекта, установление типа сшивки, определение границ сшивки, расчет параметров границ сшивки, собственно сшивка и текстовый файл протокола сшивки;

Модуль Разграфка предназначен для формирования цифровой модели в соответствии со стандартной разграфкой по номенклатуре и цифровой модели, являющейся областью с заданными координатами другой ЦКМ.

*7. Конвертирование данных.* Задачи конвертирования данных предназначены для преобразования картографических данных из одного формата в другой, с сохранением основного логически структурного содержания информации.

Конвертирование данных поддерживает следующие форматы:

– SXF. Охватывает преобразования данных из векторного формата хранения и выдачи цифровой информации о местности в формат представления цифровой картографической информации и наоборот;

– MID/MIF. При импорте из формата MIF/MID формируется выходная цифровая модель местности в формате F20S версии 6 в виде четырех файлов (справки, метрики, характеристик, паспорта). При экспорте данных в формат MIF/MID координаты формируются в геодезической системе координат на эллипсоиде Красовского или на эллипсоиде WGS-84;

– Shapefile. При импорте из формата Shapefile формируется выходная цифровая модель местности в формате F20S версии 6 в виде четырех файлов (справки, метрики, характеристик, паспорта). При экспорте данных в формат Shapefile координаты формируются в геодезической системе координат на эллипсоиде Красовского или на эллипсоиде WGS-84. В файл с расширением «shp» записываются точечные, линейные, площадные объекты и подписи.

*8. Обработка растровых изображений.* Задачи обработки растровых изображений предназначены для поддержки возможности формирования синтезированных изображений и формирования фотодокументов.

Модуль обработки растровых карт работает с растровым изображением во внутреннем формате. Данные из стандартных графических форматов (PCX, BMP, TIFF) конвертируются на этапе загрузки с помощью программного обеспечения ПИК.

*9. Обработка снимков.* Задачи обработки снимков предназначены для поддержки возможности формирования синтезированных изображений и формирования фотодокументов.

Модуль обработки ЦС работает с растровым изображением во внутреннем формате. Данные из стандартных графических форматов (PCX, BMP, TIFF) конвертируются на этапе загрузки с помощью программного обеспечения ПИК. Для использования изображения, составленного из отдельных ЦС, следует воспользоваться способом последовательной привязки изображений главной карте.

Блок предобработки космических снимков предназначен для предварительной обработки, оценки и улучшения яркостно-контрастных характеристик изображения.

Функция поворота осуществляет поворот изображения на произвольный угол по или против часовой стрелки относительно центра.

Функция улучшения яркости и контраста предназначена для модификации общего уровня яркости и контраста изображения в интерактивном режиме.

Привязка ЦС заключается в выполнении операций приведения в единую систему координат ЦС к ЦКМ. В зависимости от наличия исходной информации

о снимке, необходимо воспользоваться режимом трансформирования по набору опорных точек.

Трансформирование цифровых снимков предназначено для устранения искажений в снимках, и для перевода цифровых снимков из исходных координат в систему координат картографической проекции Гаусса-Крюгера.

*10. Редактирование объектов.* Функции редактирования объектов предоставляют средства получения на основе одной цифровой карты получить разнообразные визуальные представления электронных и пользовательских карт.

Модуль редактирования применяется для редактирования векторных объектов карты и объектов тематической информации, сформированных в процессе выполнения задач (буферные зоны, объекты дешифрирования, маршруты), и предоставляет возможность выполнить следующие операции:

- поворот, перемещение и удаление объектов;
- объединение и разбиение линейных и площадных объектов;
- редактирование отдельных частей (точки) объектов;
- фильтрация, сглаживание и согласование метрики объектов;
- создание нового объекта в интерактивном режиме;
- ввод семантики объекта;
- создание нового объекта выделением из объекта его части путем наложения на него заданной области (произвольного площадного объекта).

*11. Графическое документирование.* Задачи графического документирования предназначены для формирования элементов внешнего оформления ЦКМ в виде структурированных двоичных файлов. К ним относятся: зарамочное оформление, легенда, подготовка к выводу на печать;

*12. Регистрация и авторизация пользователей.* В ПИК ГИС-ВН-М предусмотрена система защиты доступа к данным ГИС-ВН-М путем авторизации пользователей. Для работы в среде комплекса каждый пользователь должен пройти процедуру регистрации, после чего каждый сеанс работы начинается с процедуры авторизации. При хранении регистрационных данных пользователей используется метод шифрования данных, применением логической операции XOR с использованием строкового ключа.

*13. Параметры настройки.* Функция редактирования параметров настойки предназначена для редактирования настроечных параметров отображения и редактирования объектов в среде ПИК ГИС-ВН-М.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Жуковская Н.В.</b> МЕЖДУНАРОДНЫЙ ДЕНЬ ГИС 2017 В БГУ	3
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ</b>	
<b>Трыханкина Е.К., Яротов А.Е.</b> ФОРМИРОВАНИЕ ШВЕДСКОГО СЕГМЕНТА ТОПОНИКОНА БЕЛАРУСИ В КОНТЕКСТЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ КУЛЬТУРЫ	5
<b>Наркевич А.В., Данилюк И.В., Зеленковский Р.С., Мыслыва Т.Н.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОТОКОВ И ИХ БАССЕЙНОВ В СРЕДЕ ГИС ARCGIS НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ ДНЕПРА, ПРИПЯТИ И НЕМАНА	9
<b>Лазовик Г.С., Казяк Е.В.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГУСТОТЫ ЭРОЗИОННОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ МИНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ)	13
<b>Черняков Г.В., Романкевич А.П.</b> ПРОИЗВОДСТВО АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА	17
<b>Клепча А. В., Парадня П.Ф.</b> ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН ДОСТУПНОСТИ СЛУЖБ МЧС ГОРОДА МОГИЛЕВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ	22
<b>Липлянина М.И., Игнатовская И.Г., Ковальчик Н.В.</b> ВОДОСБОРНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС	26
<b>Джигга Д.П., Коцан В.В.</b> ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ СОСНЯКОВ МШИСТЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ	30
<b>Трифонов Ю.Ю., Санько А.Ф., Вашков А.А.</b> СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ОПОРНЫХ РАЗРЕЗОВ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕЛАРУСИ В РАМКАХ ПРОЕКТА DATESTRA	33
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРИКЛАДНОГО ХАРАКТЕРА</b>	
<b>Новикова Ю.И., Торбенко А.Б.</b> ПРОЕКТ ГИС «ИНВАЗИВНЫЕ ВИДЫ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ»	37
<b>Пржевальская И.А., Приставко Д.В., Парадня П.Ф.</b> КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА «HERO OF THE CITY»	41
<b>Зенькова С.М., Смыкович Л.И.</b> СОЗДАНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ АДМИНИСТРАТИВНОГО РАЙОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ДЗЕРЖИНСКОГО РАЙОНА)	43
<b>Литвинко Н.Г., Максимов М.М., Ковальчик Н.В., Курлович Д.М.</b> ОЦЕНКА ЗАШУМЛЕННОСТИ ПРИАЭРОДРОМНОЙ ТЕРРИТОРИИ ГОМЕЛЬСКОГО АЭРОПОРТА СРЕДСТВАМИ ГИС	47
<b>Циунель М.П., Полячок Е.Н., Базаревич О.В., Астапеня П.Н., <u>Прокопович С.Н.</u></b> ПРИВЯЗКА ДАННЫХ GPS-УСТРОЙСТВ К МОДЕЛИРУЕМОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ В ЗАДАЧАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	52

<b>Лукашик А.А., Казяк Е.В.</b>	
СОЗДАНИЕ И АНАЛИЗ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ПРИ ПОМОЩИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГИС (НА ПРИМЕРЕ МАТЕРИАЛОВ КИТАЙСКИХ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ)	54
<b>Лукашик А.А., Казяк Е.В.</b>	
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ ДЛЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ	57
<b>Дмитриева Е.В., Игнатовская И.Г., Семенюк А.С.</b>	
ГИС-АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА МОЛОДЕЧНО	62
<b>Козак У.М., Ковалевская О.М.</b>	
ГЕОГРАФИЯ ДОСТУПНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕННОСТИ УСЛУГАМИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА МИНСКА	64
<b>Мейлук Е.А., Ковалевская О.М.</b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MICROMINE ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	70
<b>Юхнюк П.П., Токарчук С.М.</b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ	74
<b>СОЗДАНИЕ ГИС ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОГО ИЛИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРА</b>	
<b>Ершевич А.Ю., Другаков П.В.</b>	
СОЗДАНИЕ БАНКА ДАННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО УЧЕБНОГО ПОЛИГОНА	79
<b>Кажан А.Н., Парадня П.Ф.</b>	
GIS «CEMETERY»	82
<b>Вахильчук А.О., Тищук Д.А., Токарчук С.М.</b>	
ПРИЛОЖЕНИЯ STORY MAP CROWDSOURCE: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА	83
<b>Тищук Д.А., Бацкалевич А.И., Токарчук С.М.</b>	
РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ГОРОДСКОГО ВЕЛОМАРШРУТА «BREST GREENWAY» НА ОСНОВЕ ШАБЛОНА STORY MAP JOURNAL	89
<b>Куликова А.С., Коротыш Д.П., Карпиченко А.А.</b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ (НА ПРИМЕРЕ ВИЛЕЙСКОГО РАЙОНА МИНСКОЙ ОБЛАСТИ)	94
<b>Даглис В.Ю., Сазонов А.А., Федорович Е.Д., Курлович Д.М.</b>	
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННОГО РЕЛЬЕФА НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»	98
<b>Соколовский Е.В., Торбенко А.Б.</b>	
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ СОВМЕЩЕНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В РАМКАХ ГИС «ЭКОЛОГИЯ ГОРОДА ВИТЕБСКА»	101
<b>Сазонов А.А., Антипова Е.А., Храмов В.М.</b>	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ПРИ КАРТОГРАФИРОВАНИИ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	106
<b>Крошинский В.А., Вашков А.А.</b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В ПОСТРОЕНИИ ПОГОРИЗОНТНЫХ СТРУКТУРНО-ФАЦИАЛЬНЫХ КАРТ-СХЕМ ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ТОЛЩИ	108

<b>Маевская А.Н., Новик О.И., Токарчук О.В.</b>	111
СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА АДМИНИСТРАТИВНОГО РАЙОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
<b>Якимовец К.Э., Михновский С.А., Шутович Д.И., Мазур П.С., Черенко А.С.</b>	
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА «ГИС-ВН-М»	116