

УДК 556.5:910.27

О. В. Токарчук¹, А. А. Игнатчук²

^{1,2}Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Беларусь

¹E-mail: oleg.v.tokarchuk@mail.ru

²E-mail: angelokbrest@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ГИС-АНАЛИЗА В ИЗУЧЕНИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОДОЁМОВ ГОРОДА БРЕСТА

В работе приводятся результаты применения инструментов геоинформационного анализа (ГИС-анализа) в изучении размещения водоёмов города Бреста. Цель работы — раскрыть возможности программной среды ArcGIS Online для целей картографического моделирования распространения водоёмов в пределах изучаемой городской территории. В статье также обобщён предшествующий опыт изучения городских водоёмов и их геоинформационного анализа. В работе подробно представлены исходные данные по инвентаризации водоёмов города Бреста (реестровая база данных, инвентаризационная карта), полученные авторами в ходе работы со справочными, фондовыми и картографическими материалами, а также данными дистанционного зондирования Земли. Итоговый результат исследований представлен компонентами электронных карт размещения водоёмов города Бреста и их описанием.

Ключевые слова: реестр водоёмов, инвентаризационная карта водоёмов, плотность водоёмов, буферные зоны водоёмов.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (студенческий грант на 2024 г.).

Для цитирования: Токарчук О. В., Игнатчук А. А. Применение инструментов ГИС-анализа в изучении размещения водоёмов города Бреста // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2024. Т. 17. № 2. С. 65–80.

O. V. Tokarchuk¹, A. A. Ignatchuk²

^{1,2}Brest State A.S. Pushkin University, Brest, Belarus

¹E-mail: oleg.v.tokarchuk@mail.ru

²E-mail: angelokbrest@gmail.com

APPLICATION OF GIS ANALYSIS TOOLS IN STUDYING THE LOCATION OF RESERVOIRS IN THE CITY OF BREST

The paper presents the results of using geographic information analysis tools (GIS analysis) in studying the location of reservoirs in the city of Brest. The purpose of the work is to reveal the capabilities of the ArcGIS Online software environment for the purposes of cartographic modeling of the distribution of water bodies within the studied urban area.

The article also summarizes previous experience in studying urban reservoirs and their geoinformation analysis. The work presents in detail the initial data on the inventory of reservoirs of the city of Brest (registry database, inventory map), obtained by the authors while working with reference, stock and cartographic materials, as well as Earth remote sensing data. The final result of the research is presented by layouts of electronic maps of the location of reservoirs in the city of Brest and their descriptions.

Keywords: *register of reservoirs, inventory map of reservoirs, density of reservoirs, buffer zones of reservoirs.*

Acknowledgments. *The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education of the Republic of Belarus (student grant for 2024).*

For citation: Tokarchuk O. V., Ignatchuk A. A. (2024), Application of GIS analysis tools in studying the location of reservoirs in the city of Brest, *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki* [Bulletin of the Pskov State University. Series “Natural and physical and mathematical sciences”], vol. 17, no. 2, pp. 65–80. (In Russ.).

Введение. В работе представлен опыт применения инструментов ГИС-анализа при изучении размещения водоёмов города Бреста. В ходе проведения исследования были рассмотрены и апробированы возможности программной геоинформационной (ГИС) среды ArcGIS Online (работа с инструментами модуля «Анализ») для целей картографического моделирования распространения водоёмов в пределах изучаемой городской территории.

В ходе использования отдельных функций ГИС-анализа были получены серии карт, характеризующих особенности распространения водоёмов города. Следует отметить, что информация о водоёмах была собрана авторами в ходе работы со справочными и фондовыми материалами, проведения выборочных полевых исследований, изучения космоснимков и картографических источников. Были апробированы следующие функции инструментария ArcGIS Online:

1) «Найти центроиды» — использовался для отображения полигональных объектов в виде точек-центроидов, необходимых для применения других инструментов анализа;

2) «Агрегировать точки» — применялся для агрегирования полученных точек-центроидов по сетке квадратов и шестиугольников разной площади;

3) «Вычислить плотность» — был использован при создании картографической модели плотности размещения водоёмов;

4) «Создать буферы» — применялся для анализа географии буферных зон водоёмов; были построены буферные зоны, отображающие расстояние до водоёмов в 50 и 100 метров.

Исходные предпосылки. Прикладные гидрографические исследования водных объектов (в т. ч. водоёмов) отдельных территорий и, в частности, городов представлены достаточно широко. В то же время следует отметить, что водоёмы (озёра и

водохранилища) в меньшем количестве случаев по сравнению с реками выступают в качестве градообразующего водного объекта [5], что традиционно несколько снижает интерес к изучению именно водоёмов. В ходе идентификации малых поверхностных водных объектов в границах города также зачастую рассматриваются только реки [4]. На региональном уровне водоёмы городов чаще всего рассматриваются совместно с водотоками в контексте оценки качества вод. В качестве примера можно привести работу Е. П. Овчаровой, Е. В. Санец, О. В. Кадацкой [10], в разрезе городов Минской области (Смолевичи, Жодино, Борисова и Минска), обобщающей опыт изучения состояния водных объектов урбанизированных территорий исходя из уровня химической нагрузки на них по биогенным веществам и основным макрокомпонентам (выявлены участки водных объектов, для которых характерна гидрохимическая трансформация с превышением ассимиляционного потенциала).

В то же время анализ литературных источников позволяет сделать вывод, что применительно к городским водоёмам наиболее широко представлены работы по комплексному изучению наиболее крупных из них, имеющих выраженное хозяйственное использование (в первую очередь, рекреационное). Например, в недавних работах М. С. Томаш [16; 17] применительно к городу Гомелю приводятся данные о местоположении, генетическом типе, параметрах и инфраструктуре именно таких водоёмов.

К настоящему времени выполнен также целый ряд инвентаризационных работ, посвящённых разработке реестров водных объектов (в т. ч. реестров водоёмов). Здесь следует отметить, что реестры водных объектов чаще всего создаются для страны целиком либо единиц её административно-территориального деления — область, район и др.). Однако важно подчеркнуть, что на данный момент имеются отдельные работы, раскрывающие важность и определённый опыт инвентаризации водных объектов городов. Так в работе Г. В. Морозова, А. Б. Китаева, О. В. Ларченко [9] представлен опыт составления реестра прудов, обводнённых карьеров и других малых водных объектов города Перми и электронной карты их размещения для последующей оценки качества вод. В работе И. О. Лысенко и Е. В. Корендясовой [8] инвентаризация водных объектов (в т. ч. и водоёмов) естественного и искусственного происхождения рассматривается в контексте разработки проектов их экологической реабилитации (преобразования городских территорий с учётом их природного потенциала). В работах Ю. А. Романкевич [12; 13] отмечается важность инвентаризации для проведения комплексной эколого-геохимической оценки состояния водных объектов малых городов Беларуси (на примере г. Несвижа) с целью их последующей реабилитации. В работе Ю. В. Алексаняна [1] инвентаризация водоёмов города рассматривается в контексте назревшей необходимости рассмотрения городских водоёмов как особых многофункциональных водных объектов в черте города с позиции разработки классификаций для выявления взаимосвязи между их градостроительными, планировочными, архитектурными и конструктивными параметрами, а также разработки более упорядоченной системы архитектурно-градостроительного проектирования водоёмов в будущем. В данной работе предложены классификационные признаки, предназначенные для создания новой системы классификации городских водоёмов

(тип водоёма, уровень территориальной иерархии водоема, площадь водоёма, средняя глубина водоёма, каскадность водоёма, конструкция крепления берега водоёма, система питания водоёма), на их основе проведено оценочное обследование состояния 35 прудов, располагающихся в Москве и в пределах ближнего Подмосковья. В работе Б. И. Кочурова и А. Ю. Карандеева [6] инвентаризация водоёмов выступает как один из этапов изучения наличия и развитости природно-экологического каркаса в ходе проведения сеточного векторного анализа для геоэкологического картирования и оценки городских территорий.

Очевидно, что инвентаризация водоёмов города (создание реестра городских водоёмов) должна включать как проведение полевых исследований, так и применение данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), в сочетании с картографическим и геоинформационным методами исследований.

Здесь следует отметить, что в официальных источниках (в частности, в проекте водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов) в настоящее время представлена информация только о 20 водоёмах в черте города Бреста. В то же время анализ данных дистанционного зондирования Земли и доступных картографических источников и сервисов позволяет сделать вывод о нахождении в пределах Бреста значительно большего числа водных объектов данного типа. Таким образом, можно с полной уверенностью утверждать, что на данный момент значительную актуальность приобретают исследования, направленные на проведение инвентаризации и создание общего реестра водных объектов Бреста. Ввиду этого, объектом данного исследования являлись все естественные, а также искусственные водоёмы города Бреста.

Первоначально была предпринята попытка создания полного инвентаризационного перечня водоёмов города на основе литературных и официальных источников. Была проделана обстоятельная работа по изучению справочных и фондовых данных, в т. ч. профильных ведомственных учреждений города. Однако работа с фондовыми данными показала, что для территории Бреста не существует актуальной полной базы данных водоёмов. Кроме того, анализ официальной справочной информации интерактивной земельно-информационной системы (ЗИС) Беларуси и её выборочное сопоставление с данными ДЗЗ позволили сделать выводы, что значительное количество как искусственных, так и естественных водоемов в систему ЗИС не включено.

Здесь также следует отметить, что на первоначальном этапе исследования проводилось изучение разновременных картографических материалов (как современных, так и старых топографических карт и планов города Бреста), а также современных космических снимков, с целью изучения трансформации гидрографической сети города.

Всё вышеперечисленное позволило впоследствии выработать алгоритм полной инвентаризации водоёмов Бреста. Список водоёмов создавался преимущественно на основе данных, полученных из доступных сервисов работы с космоснимками, а также их последующего сопоставления с подробным планом города Бреста, данными геопортала ЗИС Республики Беларусь (геопортал открытых данных УП «Проектный институт Белгипрозем») и интерактивного картографического ресурса OpenStreetMap, а также результатами собственных полевых исследований.

В ходе проведения исследований с применением вышеописанного алгоритма работы успешно решался ряд проблем:

- 1) отсутствие водоёма на одном из источников;
- 2) несовпадения формы водоёма на картографическом источнике и космическом снимке;
- 3) отсутствия идентификационного номера у водоёма в ЗИС.

В качестве конечной цели реализации данного этапа работ рассматривалось составление реестровой базы данных всех водоёмов города, обнаруженных хотя бы в одном из достоверных источников. В качестве важной задачи ставилось обобщение всех несовпадений, а также наиболее общих и значимых сведений о водоёмах. Реестровая база рассматривалась как совокупность инвентаризационных страниц водоёмов, каждая из которых включала бы в себя индикаторный номер водоёма (общий и в пределах микрорайона), его номер в земельной информационной системе Беларуси (в случае наличия такового), географические координаты и фрагмент территории с данным водоёмом на OpenStreetMap и актуальном космическом снимке.

Очевидно, что инвентаризация и результаты составления реестровой базы данных водоёмов могут и должны стать основой изучения особенностей их размещения по территории города с использованием геоинформационных систем. Помимо возможностей картографирования, перспективным здесь является применение инструментов ГИС-анализа.

Следует отметить, что в работах ряда авторов уже обобщён опыт подобных исследований. Так, в работе Т. Я. Ашихвиной, Т. И. Кутявиной, Е. А. Домниной [2] рассмотрен опыт изучения процессов эвтрофикации природных и искусственно созданных водоёмов, в т. ч. с применения математического моделирования и технологий с использованием геоинформационных систем. В соответствии с подходами, изложенными в работе О. В. Токарчука и Д. В. Хоменко [14] особенности размещения водоёмов могут стать одним из направлений ГИС-анализа условий формирования поверхностных вод урбанизированных территорий в разрезе городских стокоформирующих структур (урбоводосборов). В работе Е. А. Петлюковой и В. А. Табунщика [11] характер размещения и величина водных объектов рассматриваются как один из признаков оценки эстетического потенциала селитебных ландшафтов средствами ГИС. В работе Г. В. Толкач, С. М. Токарчук, А. Л. Жук, К. Э. Куцко [15] представлен опыт инвентаризации водоёмов города Бреста с использованием ГИС-технологий для целей изучения и визуализации содержания частиц микропластика в 25 репрезентативных водоёмах.

В соответствии с работой С. А. Епринцева и С. В. Шекоян [3] информация о водоёмах города может дополнить сведения о зонах внешнего и внутреннего озеленения в разделе «Природный потенциал» в описанных моделях использования геоинформационных ресурсов для проведения геоэкологических исследований, а также геоинформационного картографирования пространственной оценки социально-экологических факторов городов (экологических ГИС урбанизированных территорий). Работа Д. М. Курловича, И. П. Усовой, В. А. Сысоевой [7] наглядно иллюстрирует, что оперирование пространственными данными о компонентах природной среды (в т. ч. и водных объектах) является важной составляющей при формировании планов

зелёного градостроительства. В ней представлен опыт применения картографо-геоинформационных подходов, позволивших выявить современные особенности распределения в пилотных городах (Полоцк, Новополоцк, Новогрудок) индикаторов зелёного города, выполнить их анализ и осуществить картографирование элементов стратегии развития, которая позволит улучшить «сине-зелёную» инфраструктуру.

Цель исследования — раскрыть возможности программной среды ArcGIS Online для целей картографического моделирования распространения водоёмов в пределах изучаемой городской территории.

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе исследования был составлен полный перечень водных объектов Бреста, включающий в себя сведения о 576 водоёмах различного происхождения, включая старичные озёра (озёра-старицы). Здесь следует отметить, что большая часть данных водоёмов сосредоточена на территории микрорайонов Волынка-Гершоны и Катин Бор (рис. 1).

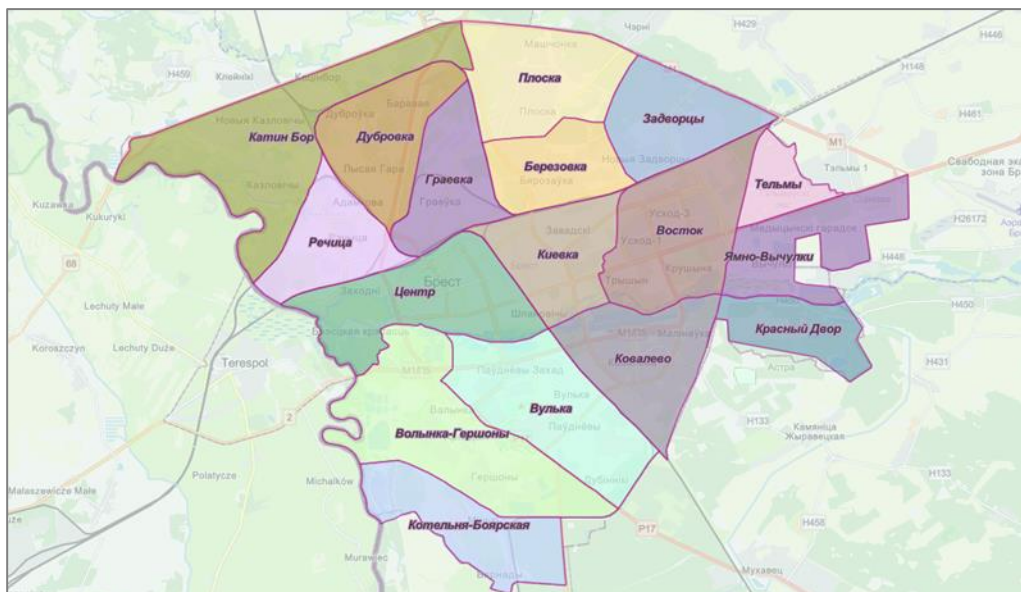


Рис. 1. Официальные расчётно-планировочные образования (микрорайоны) Бреста

Это обусловлено различными причинами. Компактное расположение большого количества водоёмов в микрорайоне Волынка-Гершоны (рис. 2) связано с тем, что в прошлом на данной территории происходила добыча открытым (карьерным) способом кирпичных глин. Большое количество водоёмов в микрорайоне Катин Бор (локализованы преимущественно в его западной части) обусловлено естественными русловыми процессами в долине р. Западный Буг. Здесь также следует отметить, что только в микрорайоне Берёзовка водоёмы не были обнаружены.



Рис. 2. Участок компактного расположения водоёмов в микрорайоне Волынка-Гершоны

Далее было обосновано и реализовано содержание реестра (реестровой базы данных) водоёмов города. На основе анализа доступных источников информации были выбраны следующие элементы содержания баз данных реестра для каждого водоёма города: порядковый номер, название, уникальная реестровая запись, реестровые данные ЗИС, координаты, площадь (рис. 3).



Рис. 3. Компонка страниц отдельных водоёмов Бреста в составленной реестровой базе данных

Как видно на представленной компоновке страниц реестровой базы данных водоёмов (см. рис. 3), каждому водоёму города присваивался порядковый номер и уникальный номер реестровой записи (включает название микрорайона и порядковый номер водоёма в его пределах). Также страница каждого водоёма содержит реестровые данные интернет-ресурса ЗИС, который является единой точкой доступа ко множеству информационных ресурсов с инструментами просмотра и поиска геопространственной информации, её визуализации, загрузки и распространения.

Картографирование водоёмов Бреста производилось на основании данных составленной реестровой данных в программной среде ArcGis Online. В качестве базовой карты подложки при нанесении (оцифровке) водоёмов использовался космический снимок с надписями (гибридное изображение). Результатом реализации данного этапа работ стала полная электронная *инвентаризационная карта водоёмов города Бреста*.

Завершающим этапом исследования стало создание с использованием инструментов ГИС-анализа серии электронных карт, отображающих особенности размещения водоёмов города Бреста.

ГИС-анализ в любой программной геоинформационной среде представляет собой набор функций, обеспечивающих анализ местоположения, связей и иных пространственных отношений пространственных объектов, включая анализ зон видимости или невидимости, анализ соседства, анализ сетей, создание и обработку цифровых моделей рельефа и др. Данный набор функций организует процесс поиска географических закономерностей в имеющихся данных и взаимоотношений между пространственными объектами. Следует отметить, что именно пространственный анализ является одним из основных методов интерпретации данных, используемых в геоинформационных системах.

Принято выделять два основных вида ГИС-анализа — векторный анализ и растровый анализ. Векторный анализ в ГИС используется при обработке цифровых векторных слоёв с учётом атрибутов геообъектов. Растровый анализ в ГИС используется при обработке цифровых растровых грид-слоёв с учётом их атрибутов.

На завершающем этапе исследования в программной среде ArcGis Online была создана серия электронных карт с использованием различных инструментов ГИС-анализа. Далее рассмотрим особенности применения каждого из них, полученные в результате этого электронные карты и особенности размещения водоёмов города Бреста, которые на них раскрываются.

1. Инструмент «Найти центроиды». Инструмент создаёт точки, представляющие собой геометрические центры (центроиды) исходных мультиточечных (группы точек), линейных или полигональных объектов. В качестве входных данных используется исходный слой, отображающий размещение таких объектов. По умолчанию инструмент вычисляет репрезентативные (геометрические) центры для каждого объекта на исходном слое, соответствующего перечисленным выше критериям. Однако в нём есть также и возможность создать выходные точки (смещённые центроиды) по заданному положению рядом с геометрическими центрами и располагающиеся внутри или в пределах границ входных объектов. Помимо этого, инструмент предоставляет возможность точного выбора объектов для нахождения центроидов.

В ходе исследования с помощью инструмента *«Найти центроиды»* была реализована карта местоположений (центроидов) водоёмов (рис. 4). Карта была создана на основе выполненной ранее *инвентаризационной карты водоёмов города Бреста* (выступила в качестве исходного слоя), где водоёмы были отображены (оцифрованы) в виде полигональных объектов. Здесь следует отметить, что на основе полученной

карты местоположений водоёмов впоследствии был выполнен целый ряд других аналитических работ по изучению размещения водоёмов города Бреста.

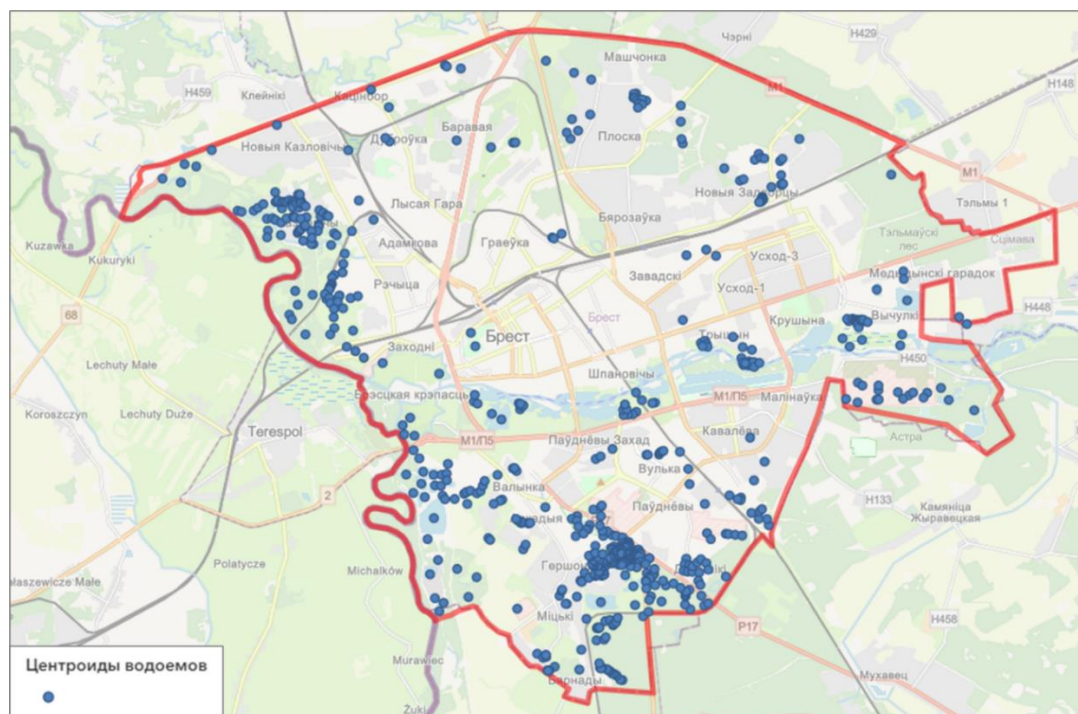


Рис. 4. Компоновка электронной карты местоположений (центроидов) водоёмов города Бреста

Как видно из представленной компоновки электронной карты местоположений (центроидов) водоёмов города Бреста (см. рис. 4), имеет место ярко выраженная неоднородность в размещении водных объектов данной группы, что представляет значительный научный интерес как с точки зрения выявления причин такой географии, так и с точки зрения дальнейшего картографического моделирования.

2. *Инструмент «Агрегировать точки».* Инструмент позволяет производить действия с точечными объектами по полигонам (фигурам регулярной сети). При этом границы полигонов используются как для разграничения исходных точек при обработке, так и для отображения полученных результатов. Итоговый слой отображает результаты действий (агрегации) с точками в пределах каждого полигона с помощью градуированной шкалы (в качестве графической переменной при её отображении используется интенсивность цвета). Существует возможность выбора полигональной основы (полигонов) в виде шестиугольников или квадратов. Базовым действием при выполнении агрегации является подсчёт количества точек в пределах каждого полигона. Также для числовых полей можно вычислить базовую статистику (сумму, минимум, максимум, среднее и среднеквадратичное отклонение).

В ходе настоящего исследования с помощью инструмента «Агрегировать точки» были реализованы карты количественного размещения водоёмов по сетке квадратов 2 км на 2 км (рис. 5) и сетке шестиугольников 1 км на 1 км (рис. 6). Как уже отмечалось ранее, карты были созданы на основе выполненной ранее карты местоположений (центроидов) водоёмов.

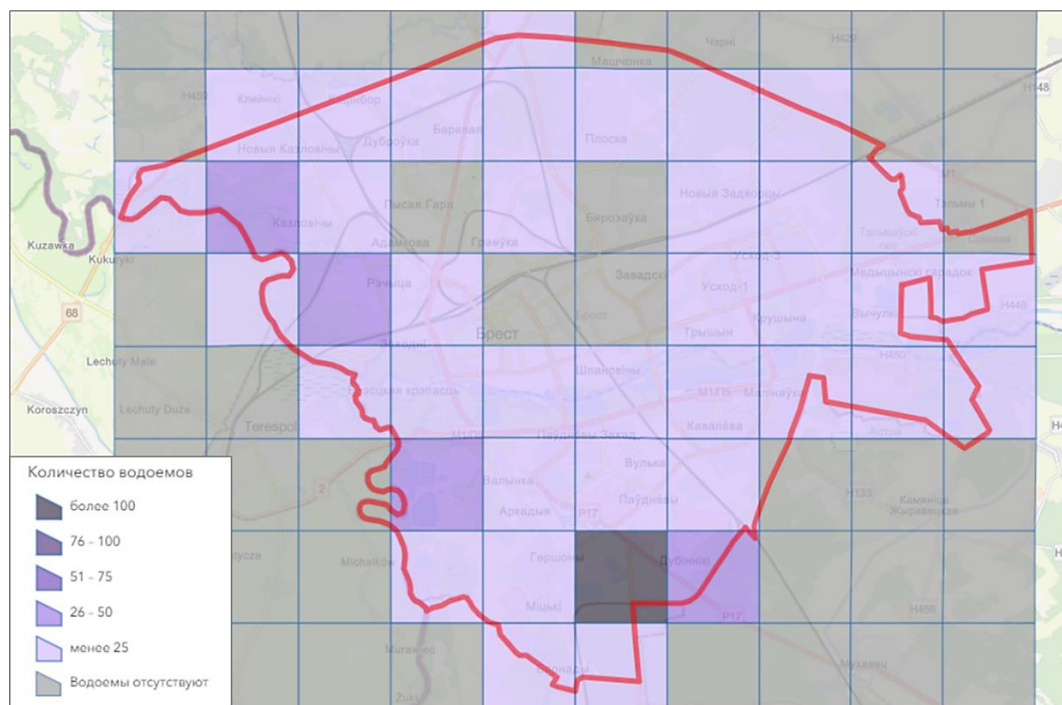


Рис. 5. Компоновка электронной карты количественного размещения водоёмов города Бреста по сетке квадратов

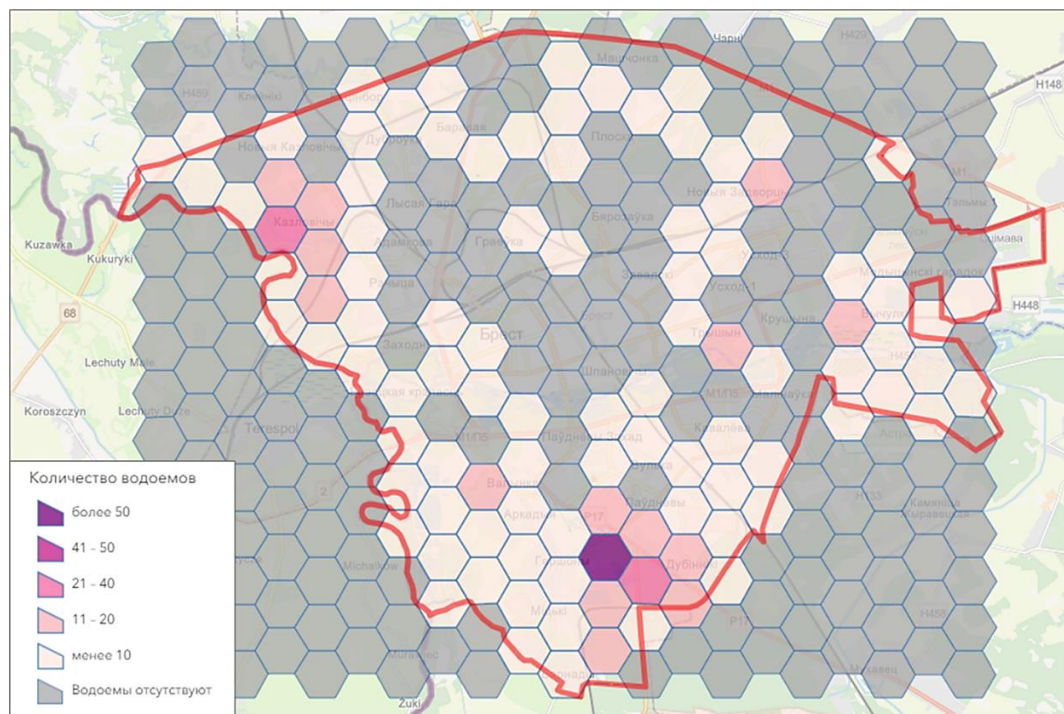


Рис. 6. Компоновка электронной карты количественного размещения водоёмов города Бреста по сетке шестиугольников

Как видно из представленных выше компонок электронных карт количественного размещения водоёмов города Бреста по фигурам регулярной сети (см. рис. 5 и 6), программная среда ArcGis Online позволяет подобрать размещение квадратов и шестиугольников с заданными параметрами, отображающее наибольшую пространственную дифференциацию картографируемых объектов. Такое представление размещения водоёмов города Бреста является важным промежуточным этапом их картографического моделирования, т. к. позволяет выявить участки наибольшей «концентрации» водоёмов на разных уровнях масштабности.

3. Инструмент «Вычислить плотность». Инструмент позволяет создавать карту плотности точечных или линейных объектов, распределяя значения (атрибуты) анализируемого явления по карте. Выходные данные представляют собой совмещённые слои разной плотности. Вычисление плотности включает в себя конфигурацию входных слоёв (слоя), параметры анализа и параметры вывода. Конфигурация входных слоёв (слоя) позволяет задать тип объекта (точечный или линейный), число явлений в каждом местоположении (по умолчанию одно), возможность задать барьеры для вычислений. Параметры анализа задают размеры ячейки выходного растра, расстояние поиска, выходные единицы площади. В качестве параметров вывода могут выступать либо слой листов изображений, либо динамический слой изображений. В ходе исследования с помощью инструмента «Вычислить плотность» была реализована карта плотности водоёмов со значениями шкалы от 1 до 10 и шагом 1

(рис. 7). Карта также была создана на основе выполненной ранее карты местоположений (центроидов) водоёмов.

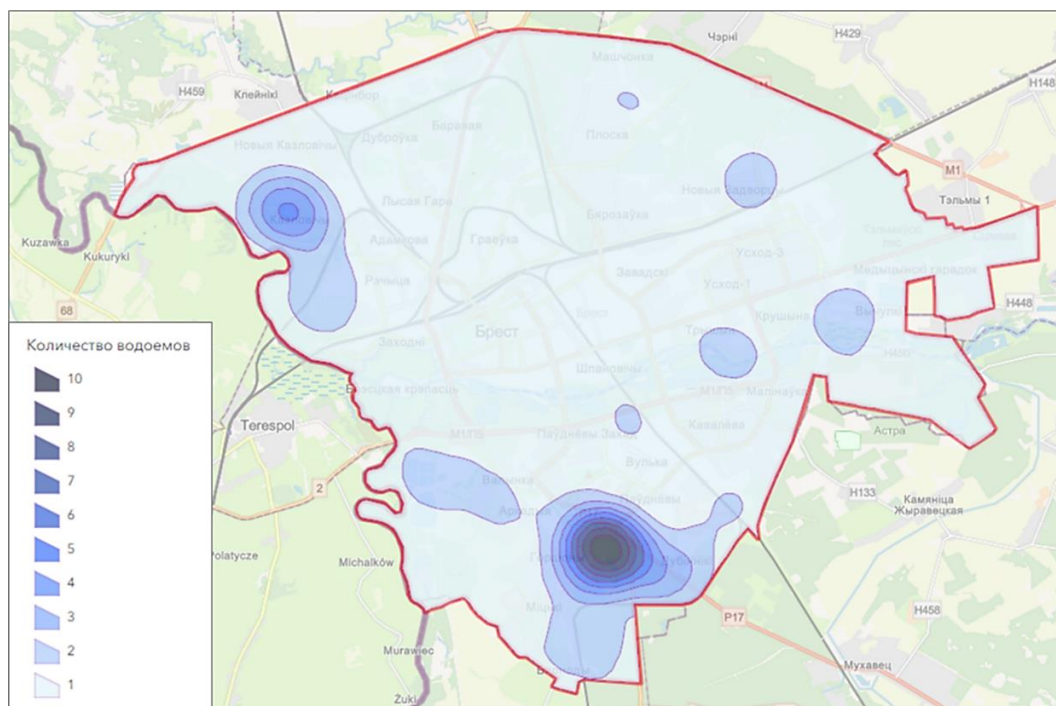


Рис. 7. Компонировка электронной карты плотности водоёмов города Бреста

Как видно из представленной компоновки карты (см. рис. 7), имеет место постепенное уменьшение количества водоёмов от двух ареалов максимума их концентрации. Такое представление размещения водоёмов города Бреста является одним из результирующих этапов их картографического моделирования, т. к. позволяет выявить не только участки наибольшей «концентрации водоёмов», но также направления и интенсивность уменьшения их количества.

4. *Инструмент «Создать буферы».* Инструмент позволяет отображать области заданных расстояний вокруг входных точечных, линейных или площадных объектов. Размер буфера может быть добавлен в качестве постоянной величины (все буферы будут иметь одинаковый размер), или в качестве заданной переменной (различные объекты будут иметь буферы различных размеров). Также предусмотрена возможность создания множественного буфера по нескольким заданным расстояниям. Для всех типов входных объектов (точки, линии, площадные объекты) инструмент предусматривает как возможность наложения, так и слияния буферных зон. Для площадных объектов предусмотрена возможность включения в создаваемые вокруг них буферные зоны и исключения из данных зон.

В ходе исследования с помощью инструмента «Создать буферы» были реализованы карты размещения водоёмов города Бреста как площадных объектов (с отображением занимаемой поверхности) и их буферных зон шириной 50 м (рис. 8) и 100 м (рис. 9). Для картографирования был выбран вариант включения самих водоёмов в отображаемые буферные зоны. Полученные картографические модели были созданы на основе исходной инвентаризационной карты водоёмов города Бреста, где данные водные объекты были отображены (оцифрованы) в виде полигонов.

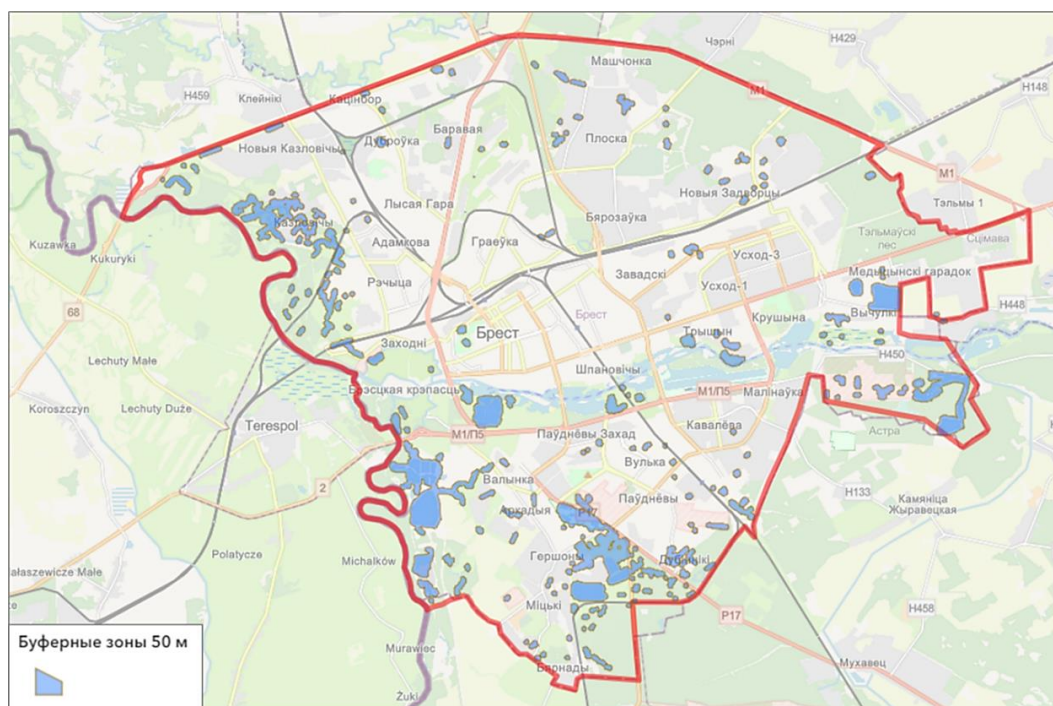


Рис. 8. Компонка электронной карты размещения водной поверхности водоёмов города Бреста и их буферной зоны шириной 50 м

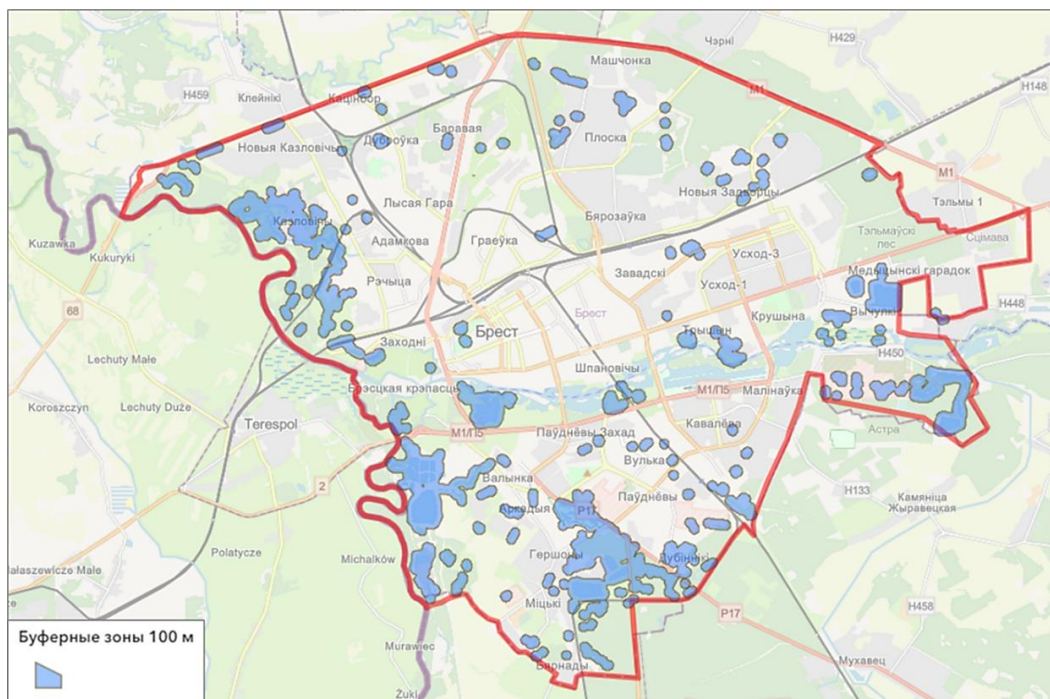


Рис. 9. Компоновка электронной карты размещения водной поверхности водоёмов города Бреста и их буферной зоны шириной 100 м

Как видно из представленных компоновок электронных карт размещения водной поверхности водоёмов города Бреста и их буферных зон шириной 50 м и 100 м (см. рис. 8 и 9), программная среда ArcGIS Online позволяет наглядно отобразить территории города, характеризующиеся наибольшим влиянием водоёмов. Такое представление размещения водоёмов города Бреста является важным результирующим этапом их картографического моделирования, т. к. позволяет выявить те участки урбанизированных геосистем, которые имеют наибольшее взаимодействие в системе «водоём — прилегающая территория».

Выводы. Таким образом, в ходе исследования были раскрыты возможности программной среды ArcGIS Online для целей картографического моделирования распространения водоёмов в пределах изучаемой городской территории. Для достижения поставленной цели исследования был составлен полный перечень водных объектов, обосновано и реализовано содержания реестра (реестровой базы данных) водоёмов города Бреста, в программной среде ArcGIS Online выполнена полная электронная инвентаризационная карта водоёмов, с использованием инструментов ГИС-анализа создана серия тематических электронных карт (отображают особенности размещения водоёмов по городской территории).

Литература

1. *Александрян Ю. В.* Классификационные признаки городских водоёмов // Водное хозяйство России. 2018. № 3. С. 87–100.
2. *Ашихмина Т. Я., Кутявина Т. И., Домнина Е. А.* Изучение процессов эвтрофикации природных и искусственно созданных водоёмов (литературный обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 3. С. 6–13.
3. *Епринцев С. А., Шекоян С. В.* Геоинформационное картографирование урбанизированных территорий как механизм пространственной оценки социально-экологических факторов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15). № 3. С. 109–115.
4. *Иванова О. И., Гордеев И. Н., Цветкова Т. А.* Идентификация малых поверхностных водных объектов в границах города Красноярск // Астраханский вестник экологического образования. 2023. № 6 (78). С. 53–57.
5. *Кадацкая О. В., Санец Е. В., Овчарова Е. П.* Системообразующая роль гидрографической сети в организации природного каркаса города // Природопользование. 2020. № 1. С. 39–47.
6. *Кочуров Б. И., Карандеев А. Ю.* Геоэкологическое картографирование и оценка городского пространства с применением сеточного векторного ГИС-анализа // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2018. Т. 24. № 1. С. 310–320.
7. *Курлович Д. М., Усова И. П., Сысоева В. А.* Картографо-геоинформационное обеспечение разработки планов зелёного градостроительства в Республике Беларусь // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27. № 1. С. 151–164.
8. *Лысенко И. О., Корендясева Е. В.* Экологическая реабилитация водных объектов города Москвы // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2013. № 1 (61). С. 8–13.
9. *Морозова Г. В., Китаев А. Б., Ларченко О. В.* Состояние водных объектов города Перми и вопросы качества их вод // Географический вестник. 2012. № 1 (20). С. 60–71.
10. *Овчарова Е. П., Санец Е. В., Кадацкая О. В.* Состояние водных объектов урбанизированных территорий (на примере городов Минской области) // Природопользование. 2016. № 29. С. 65–75.
11. *Петлюкова Е. А., Табуницкий В. А.* Эстетический потенциал сельских ландшафтов // Геология, география и глобальная энергия. 2018. № 4 (71). С. 140–150.
12. *Романкевич Ю. А.* Комплексная эколого-геохимическая оценка состояния водных объектов малого города Беларуси (на примере г. Несвижа) // Природопользование. 2015. № 27. С. 85–94.
13. *Романкевич Ю. А.* Распределение тяжелых металлов в донных отложениях прудов г. Несвижа // Природопользование. 2023. № 2. С. 84–97.
14. *Токарчук О. В., Хоменко Д. В.* Анализ условий формирования поверхностных вод урбанизированных территорий (на примере центральной части г. Бреста) // Псковский регионологический журнал. 2015. № 23. С. 33–50.
15. *Толкач Г. В., Токарчук С. М., Жук А. Л., Куцко К. Э.* Изучение и визуализация содержания частиц микропластика в водоёмах города Бреста с использованием

ГИС-технологий // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2019. № 3. С. 32–40.

16. *Томаш М. С.* Рекреационный потенциал лимносистем г. Гомеля // Вестник Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. 2020. № 2. С. 148–155.

17. *Томаш М. С.* Современное состояние и использование водоёмов урбанизированных территорий (на примере г. Гомель) // Вестні БДПУ. Серыя 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. № 3. 2020. С. 50–55.

Сведения об авторах

Токарчук Олег Васильевич — кандидат географических наук, доцент кафедры городского и регионального развития, Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Беларусь.

E-mail: oleg.v.tokarchuk@mail.ru

Игнатчук Ангелина Александровна — студентка факультета естествознания, Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест, Беларусь.

E-mail: angelokbrest@gmail.com

About the authors

Dr Oleg Tokarchuk, Associate Professor, Department of Urban and Regional Development, A. S. Pushkin Brest State University, Brest, Belarus.

E-mail: oleg.v.tokarchuk@mail.ru

Angelina Ignatchuk, Student of the Faculty of Natural Sciences, A. S. Pushkin Brest State University, Brest, Belarus.

E-mail: angelokbrest@gmail.com

Поступила в редакцию 18.03.2024 г.

Поступила после доработки 28.04.2024 г.

Статья принята к публикации 03.06.2024 г.

Received 18.03.2024.

Received in revised form 28.04.2024.

Accepted 03.06.2024.