

Научная статья

Original article

УДК 502.5+502.6

doi: 10.55186/2413046X\_2024\_9\_3\_169

**КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ ТРОИЦКОГО И  
НОВОМОСКОВСКОМ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ОКРУГОВ ГОРОДА  
МОСКВЫ ПО МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ  
ПАРАМЕТРАМ**

**SMALL RESERVOIRS' CLUSTER ANALYSIS IN THE TROITSKIY  
AND NOVOMOSKOVSKIY ADMINISTRATIVE DISTRICTS  
OF THE CITY OF MOSCOW ACCORDING TO MORPHOMETRIC  
PARAMETERS**



**Латыев Антон Александрович**, аспирант кафедры почвоведения, экологии и природопользования, Государственный университет по землеустройству, Москва, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2063-0128>, [latyevvaa@gmail.ru](mailto:latyevvaa@gmail.ru)

**Широкова Вера Александровна**, доктор географических наук, профессор кафедры почвоведения, экологии и природопользования, Государственный университет по землеустройству, Москва, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0839-1416>, [shirocova@gmail.com](mailto:shirocova@gmail.com)

**Latyev Anton Aleksandrovich**, PhD student of the Department of Soil Science, Ecology and Environmental Management, State University of Land Use Planning, Moscow, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2063-0128>, [latyevvaa@gmail.ru](mailto:latyevvaa@gmail.ru)

**Shirokova Vera Aleksandrovna**, Doctor of Geography Sciences, Professor of the Department of Soil Science, Ecology and Environmental Management, State University of Land Use Planning, Moscow, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0839-1416>, [shirocova@gmail.com](mailto:shirocova@gmail.com)

**Аннотация.** В статье на примере территорий Троицкого и Новомосковского административных округов (далее - ТиНАО) города Москвы показана возможность геоэкологической оценки по изменению морфометрических параметров малых водоемов. До вхождения в 2012 году в административный состав территорий Москвы работы изучению экологии данных территорий были минимальны. Особую важность осуществления мониторинга геоэкологической ситуации в Новой Москве, как еще называют присоединенные территории, представляет факт, что ее площадь составляет 1480 км<sup>2</sup>, что составляет 57,8% территории Москвы.

Объектом исследования выступили 1402 малых водоема, зарегистрированных на территории ТиНАО. Для проведения их экологической оценки использован метод кластерного анализа, как универсального математического инструмента для научных исследований. В качестве основного параметра исследования было принято отрицательное изменение (уменьшение) средней глубины водоема. По результатам анализа морфометрии объектов, проведенных с интервалом в два года, были получены и обработаны данные динамических изменений физических параметров водоемов. Установлено, что проблемы обмеления существуют у водоемов, занимающих 4,51% общей площади водоемов ТиНАО. Картографирование стагнирующих малых водоемов позволило визуально оценить масштаб проблемы и определить потенциально проблемные с точки зрения геоэкологии районы ТиНАО. С помощью кластерного анализа было выполнено зонирование проблемных водоемов по водоприемникам. Такая идентификация (кластеризация) групп водоемов позволила увидеть отклонения на уровне групп бассейнов мелких рек, что дало масштабное понимание экологической ситуации на уровне территорий водосборов более крупных водных объектов.

**Abstract.** The article, using the example of the territories of the Troitsky and Novomoskovsky administrative districts (hereinafter referred to as TiNAO) of

Moscow, shows the possibility of a geocological assessment of changes in the morphometric parameters of small reservoirs. Before joining the administrative structure of the Moscow territories in 2012, the studies on the ecology of these territories was minimal. Of particular importance for monitoring the geo-ecological situation in «New Moscow», – what the conjoined territories are also called, is the fact that its area is 1,480 km<sup>2</sup>, which is 57.8% of the entire territory of Moscow.

The subject of the study were 1402 small reservoirs registered in the territory of the TiNAO. To carry out their environmental assessment, a cluster analysis method was used, which is a universal mathematical tool for scientific research. A negative change (decrease) in the average depth of the reservoir was taken as the main parameter of the study. Based on the results of the objects' morphometry analysis carried out at an interval of two years, data on dynamic changes in the physical parameters of reservoirs were obtained and processed. It was established that shallowing problems exist in 4.51% of the total area of reservoirs in the TiNAO. Mapping stagnant small reservoirs made it possible to visually assess the scale of the problem and identify potentially problematic areas of the TiNAO from a geocological point of view. Using the cluster analysis, zoning of problematic water bodies was carried out. Such identification (clustering) of water bodies' grouping made it possible to see deviations at the level of groups of small river basins, which provided a large-scale understanding of the ecological situation at the level of catchment areas of larger water bodies.

**Ключевые слова:** геоэкологическая оценка ТиНАО, малые водоемы, кластерный анализ в геоэкологии, морфометрические параметры малых водоемов, экологические проблемы реки Пахра

**Key words:** geocological assessment of TiNAO, small reservoirs, cluster analysis in geocology, morphometric parameters of small reservoirs, environmental problems of the Pakhra River

**Введение.** Вода - один из важнейших компонентов природной среды, необходимым для существования растительного и животного мира, а также обеспечивающим экономическое, экологическое и социальное благополучие населения. В настоящее время на территории Российской Федерации практически не осталось водных объектов, не затронутых антропогенной деятельностью, под влиянием которой качество воды в них перестает соответствовать нормативным требованиям. Урбанизация создает определенные условия, оказывающие мощное негативное воздействие на водные объекты, которые в силу своих природных свойств являются естественными приемниками загрязняющих веществ, поступающих как со сточными водами, так и поверхностными стоками. Наиболее чувствительными к антропогенной нагрузке водными объектами являются малые водоемы, так как в силу их небольших объемов водной массы процессы самоочищения в них весьма ограничены в сравнении с более крупными водными объектами [1].

Малые водоемы ТиНАО - важные компоненты экологической системы района, однако они являются недостаточно исследованными с точки зрения воздействия на них отрицательных факторов. При этом малые водоемы, в совокупности с водоточными системами, входят в гидрологический комплекс, поддерживающий водоприемники - речные системы, расположенные на территории округа. Несмотря на свои небольшие размеры, малые водоемы играют существенную роль в поддержании биологического разнообразия и экосистемы региона.

До вхождения в 2012 году в административный состав территорий Москвы работы изучению экологии данных территорий были минимальны, проводились в рамках общих работ по экологическому исследованию Московской области. После изменения статуса территорий и их перехода в ведомство Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы экологическим вопросам стало уделяться больше внимания.

В рамках исследований экологической ситуации в 2018 году были проведены работы по ревизии водоемов и водотоков ТиНАО. В 2020 году были проведены повторные исследования водных объектов округа. В данной статье рассмотрена динамика полученных статистических данных, полученная с помощью математического аппарата методом кластерного анализа морфометрических параметров водоемов.

### **Цель исследования**

Основной задачей исследования является выявление потенциально проблемных районов речных водосборных бассейнов на территории ТиНАО. Для этого была проведена регистрация изменений морфометрических параметров малых водоемов данной территории за рассматриваемый временной период и выполнена дальнейшая их обработка и анализ. Полученные данные применены для диагностики геоэкологических отклонений в районе и рекомендуются для выработки рекомендаций природоохранительной политики в отношении гидрологических ресурсов округов. Объект исследования - малые водоемы (пруды), расположенные на территории ТиНАО, имеющие по большей части рекреационное, в меньшей – рыболовное и пожарное функциональное назначение, с естественным характером питания, проточные, пойменные и русловые. Балансодержателем малых водоемов ТиНАО является ГУ «Мособлводхоз».

### **Проблемы малых водоемов**

Согласно формулировке Водного Кодекса РФ, малым городским водным объектом (МГВО) может считаться любой водоем или водоток, частично или полностью расположенный на урбанизированной территории, размеры которого сопоставимы с основными элементами городской застройки (зданиями, сооружениями, транспортными магистралями) [2]. Как малые водоемы также можно классифицировать пруды, водохранилища, озера и другие площадью до 1 тыс. га, на которые не распространяются Правила об охране рыбных запасов и регулирования рыболовства в водоемах [3].

К сожалению, малые водоемы часто оказываются запущенными и загрязненными из-за недостаточного или вообще отсутствия ухода ответственных организаций и неаккуратности населения. Такие факторы, как незаконная вырубка лесов, выбросы промышленных и бытовых отходов, а также неправильное использование химических удобрений в сельскохозяйственной деятельности может стать причиной не только деградации, но даже полного исчезновения водоемов. В результате наличия одного или совокупности подобных факторов сильное негативное воздействие получает вся экологическая система региона, что, соответственно, отражается на снижении уровня здоровья местного населения. Зачастую, находясь на балансе различных коммунальных служб (а иногда попросту являясь бесхозными), городские водоемы представляют собой самый уязвимый с точки зрения антропогенного воздействия, элемент городского ландшафта. Также при попустительском отношении соответствующих инстанций происходит замусоривание акватории и берегов водоемов бытовым и строительным мусором, промышленными отходами. Являясь зачастую единственным водным пространством, расположенным в густонаселенной городской среде, водоемы в летнее время являются местом отдыха, и, соответственно, купания горожан. В результате такой туристической перегруженности водоем может становится источником болезнетворных микробов и бактерий, создавая неудовлетворительную эпидемиологическую ситуацию в районе.

Общемировая тенденция увеличения доли городского населения и увеличения площадей мегаполисов придает особую актуальность работам зарубежных и отечественных специалистов в области экологии урбанизированных территорий, как наиболее рискованных объектов экологического воздействия. Исследования, посвященные оценке состояния городских водоемов, стали важной составляющей таких научных работ.

В последнее время все чаще появляются работы, посвященные исследованиям геоэкологической ситуации в Московской области и на территории Новой Москвы [4]. Особую важность осуществления мониторинга геоэкологической ситуации в Новой Москве представляет факт, что ее площадь составляет 1480 км<sup>2</sup>, что составляет 57,8% территории Москвы. Необходимость экологического контроля за такой территорией, подвергающейся быстрой урбанизации, очевидна. Однако анализ существующей информации показал, что данные о водоемах, находящихся в черте ТиНАО минимальны. Известно количество водных объектов, их ведомственная принадлежность, координаты, виды, типы, характер питания, проточность, водоприемники, наличие гидротехнических сооружений и размеры - средняя глубина и объемы содержащейся воды, т.е. в основном, морфометрические параметры. Этими данными паспорт водоема зачастую и исчерпывается. Очевидно, что имея такой набор данных, делать какие-либо выводы об экологической ситуации на занимаемых ими территориях затруднительно. Экологические (химические, биологические) характеристики водоемов, за редким исключением, отсутствуют, что имеет свое объяснение. Однако, рассмотрение причин такого дефицита информации выходит за рамки данной статьи. Стоит только отметить, что в последнее время, в связи с переходом Новомосковского и Троицких округов в административное поле Москвы под юрисдикцию Москомприроды, ситуация с экологическим контролем территорий постепенно исправляется. Но учитывая огромное количество малых водоемов на территории ТиНАО (а территорию округа занимают водосборные бассейны таких протяженных рек как Пахра, Десна, Нара, являющихся водоприемниками свыше 600 водотоков и более тысячи малых водоемов), быстрого решения данной проблемы ждать не стоит. Ниже будет рассмотрен способ осуществления экологического контроля, использующий именно ограниченные возможности применения имеющейся минимальной информации. В качестве основного инструмента

для получения геоэкологической оценки предлагается использовать методы математического анализа и статистики, а именно кластерный анализ морфометрических характеристик малых водоемов.

### **Кластеризация, как инструмент экологического контроля**

Кластерный анализ показал себя эффективным инструментом математической оценки, позволяющим анализировать большие объемы данных и классифицировать объекты исследования на основе их сходства или различий. Этот метод, как универсальный математический инструмент, нашел широкое применение в различных научных областях, где имеет широкий спектр прикладных применений [5]. Например, при планировании действий по улучшению экологической обстановки может использоваться для выделения и группировки территорий, имеющих одинаковый уровень техногенного загрязнения [6]. В землепользовании кластерный анализ может применяться для получения оценочной информации по приоритетам ресурсного использования в условиях ограниченных ресурсов. С помощью таких данных создаются эффективные программы охраны окружающей среды.

Основной принцип кластерного анализа состоит в группировке объектов на основе критерия их близости друг к другу по тем или иным изменяемым параметрам и образования из этих групп кластеров [7]. Это позволяет выявить сходство или различие в разных объектах между наблюдаемыми параметрами, например, такими как характеристики водоемов, распределение популяций, состав экосистем, видовое разнообразие, и многое другое. Одним из преимуществ метода является возможность проводить сравнительный анализ между разными кластерами и обнаруживать паттерны и тренды, которые могут быть незаметны при рассмотрении объектов по отдельности. При этом выявляются закономерности, определяющие причины изменения экологических систем, а также дающие возможность спрогнозировать будущие тенденции [8].



Процедура кластеризации включает несколько шагов. На первом этапе проводится сбор данных, которые затем подвергаются предварительной обработке и стандартизации. Данные переводятся в цифровую форму и вводятся в ЭВМ. Затем, в зависимости от поставленной задачи, применяются различные алгоритмы кластеризации, такие как иерархическая или неиерархическая кластеризация, методы k-средних или DBSCAN. Эти алгоритмы классифицируют объекты исследования на основе критериев сходства сравниваемых параметров и как результат формируют кластеры. При этом можно определить, какие параметры являются определяющими факторами для этих кластеров и выявить особенности, которые характеризуют определенные группы объектов [9].

В последнее время метод активно используется в экологических исследованиях гидрологического направления, где применяется для оценки состояния речных систем, бассейнов и изучения различных экологических процессов в них происходящих [10, 11].

С точки зрения гидросферы малые водоемы являются составной частью бассейновых территориальных структур. Каждый из них входит в свою иерархическую общность территориальных водоемов, классифицируемых по количеству стока воды, наносных отложений и химико-биологическому составу растворенных в воде веществ и др. [12]. Каждый крупный речной бассейн включает в себя бассейны меньшего порядка - так называемых бассейны долинных сетей, из которых состоит бассейн главной реки. Геоэкологическая характеристика речных бассейнов складывается, в первую очередь, из существующих условий землепользования на территории бассейна реки и состояния малых водоемов и водотоков. С помощью кластерного анализа возможно выполнение диагностики геоэкологической ситуации (с последующей классификацией проблем) во всем речном бассейне. Универсальность метода кластерного анализа позволяют

группировать (собирать кластеры) водоемов по самым разнообразным параметрам.

### **Морфометрия, как источник данных кластерного анализа**

В общем смысле морфометрия — это характеристика рельефа земной поверхности. К основным морфометрическим показателям относят числовые характеристики разнообразных форм рельефа: линейные, площадные, объемные; абсолютные и относительные высоты определенных геоморфологических районов, глубина и густота расчленения, а также отвлеченные показатели (коэффициент извилистости русла реки, береговой линии и др.).

Морфометрические характеристики водных объектов делятся на три группы по их типам: *водотоков* (включают их размеры, формы, уклоны), *водосборов* (форма, размеры и пространственное положение водосбора) и *водоемов* (характеризуются видом, формой, высотным положением, размерами ложа водоемов и объемом воды в них). К данным водоемов относят также площадь поверхности водоема, НПУ (нормальный и подпорный уровни воды), УМО водохранилища, максимальную и среднюю глубины, объем (полный и полезный) озера (водохранилища), длину, максимальную ширину и координаты батиграфических кривых (площадей и объемов) водоема. Можно сказать, что *Морфометрические* характеристики представляют собой количественные показатели водных объектов и водосборов, несущих информацию об их основных физико-географических особенностях.

В данной работе рассматривается использование морфометрических характеристик именно малых водоемов, расположенных на административной территории ТиНАО.

Для геоэкологического исследования морфометрические параметры предоставляют ценную информацию о структуре и функционировании водоема. Использование кластерного анализа позволяет выделить группы

водоемов с похожими морфометрическими характеристиками. Это помогает в понимании пространственного распределения различных типов водоемов и их влияния на экологические процессы [13].

При кластерном анализе морфометрические параметры малых водоемов могут использоваться в качестве переменных характеристик. Полученные по данному критерию кластеры малых водоемов дают возможность сделать первоначальную оценку геоэкологической обстановки в бассейнах рек и степень антропогенного воздействия на территории водосборов этих водоемов [14]. Данные, структурированные в кластеры, позволяют определить степень экологической защищенности/напряженности в каждом бассейне, а также ранжировать участки бассейнов по неблагоприятности воздействия на состояние рек, выявить наиболее проблемные с точки зрения экологии территории водосборов. В дальнейшем эту информацию можно использовать в комплексе с другими данными (загрязнение почв, атмосферы, грунтовых вод и др.) для разработки природоохранительной политики региона. Таким образом, результаты кластерного анализа по морфометрическим параметрам бассейнов малых водоемов закладывают информационную основу для структурно-функционального анализа территорий более крупных речных бассейнов, и послужить фундаментом при разработке эколого-реабилитационных мероприятий, и быть полезными для управления бассейновым природопользованием [15].

### **Кластерный анализ водоемов ТиНАО**

В качестве исходной информации стал, так называемый «список», включающий 1403 малых водоема, расположенных на территории ТиНАО. Список составлен на основе фондовых данных и ежегодных госдокладов ответственных природоохранительных структур. Очевидно, что для анализа такого количества объектов необходимо использовать электронно-вычислительные средства. Конечно, для получения точной диагностики состояния экосистем рек и водоемов одной морфометрической информации

недостаточно. Для полноты картины нужны результаты химической, биологической, гляциологической и других экологических экспертиз, причем желательно иметь статистические данные за многолетний период наблюдения. Но даже в случае ограниченной информации можно провести анализ геоэкологической ситуации для выявления проблемных зон.

Согласно данным ревизии водных объектов от 2020 г. на территории ТиНАО расположено 1403 водоема, сведения о которых были внесены в общую электронную базу, где каждому присвоен индивидуальный номер. Учитывая большое количество объектов исследования, полное гидрологическое исследование каждого, включая химический состав, затруднительно. Поэтому основные характеристики этих данных составляют морфометрические параметры, как наиболее простые для фиксирования. В качестве примера - см. таблицу 1 - «Сводный список МГВО с данными 2020 года». Исследование динамики изменений этих параметров, происшедшее за 2 года наблюдений, выступают материалом для изучения экологической ситуации в районе.

СВОДНЫЕ ДАННЫЕ 2020 ГОДА																
№ п/п	Рекомендованное название водоема	Общепринятое название	Округ	Площадь, м2	Периметр, м	Длина, м	Ширина максимальная, м	Ширина средняя, м	Средняя глубина, м	Функциональное назначение	Водоприемник	Тип водоема	Характер питания	Наличие лоточности	Наличие гидросооружений	Ведомственная принадлежность (балансодержатель)
12	2091	Трешня 3-й пруд	ТАО	17	15	8	6	5	0,6	рекреационное	Моча	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
13	297	Вороновский 4-й пруд	ТАО	18	16	5	4	3	0,9	рекреационное	Моча	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
14	1661	Пруд 4	ТАО	18	16	4	2	2	0,8	рекреационное	Моча	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
15	1869	Северянин пруд	ТАО	18	16	7	2	2	0,8	рекреационное	Пахра	пойм.	естественный	проточный	водосборный	ГУ "Мособл"
18	299	Вороновский 6-й пруд	ТАО	21	18	7	3	2	0,9	рекреационное	Моча	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
19	1913	Склада ГСМ 3-й пруд	НАО	21	17	5	4	3	0,7	рекреационное	Десна	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
20	208	Валуевского лесопарка 3-й пруд	НАО	22	19	6	3	2	0,7	рекреационное	Сосенка	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
21	301	Вороновский 8-й пруд	ТАО	22	20	8	4	3	0,9	рекреационное	Моча	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
22	2328	Шубино СНТ 5-й пруд	ТАО	22	19	8	3	2	0,8	рекреационное	Моча	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
23	1914	Склада ГСМ 4-й пруд	НАО	23	17	6	4	3	0,8	рекреационное	Десна	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
24	300	Вороновский 7-й пруд	ТАО	25	20	7	5	4	0,9	рекреационное	Моча	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
25	1659	Пруд 2	ТАО	25	22	7	5	4	0,9	рекреационное	Моча	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
27	1542	Первомайского ручья 3-й пруд	ТАО	27	23	7	5	4	1,1	рекреационное	Десна	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"
28	1237	Медсанчасти пруд	НАО	28	20	5	8	6	1,1	рекреационное	Десна	пойм.	естественный	проточный	-	ГУ "Мособл"

Таблица 1. Сводный список МГВО с данными 2020 года

Table 1. Consolidated list of Moscow State Educational Institutions using 2020 data

Кластерный анализ исследуемых объектов выполнялся по наборам морфометрических показателей и географическим данным, которые предварительно были преобразованы в Excel путем нормализации и приведены в вид, удобный для алгоритмированной обработки массива данных.

Для выявления и локализации экологически проблемных территорий на водосборах речных бассейнов на территории АО из общего списка были выделены водоемы, имеющие общие деграционные закономерности по средним морфометрическим показателям. В качестве актуального параметра рассматривается отрицательная динамика изменения средней глубины  $h$  (в метрах) водоема (дельта  $\Delta(h)=h1-h2$ ), выявленной по результатам ревизии 2020 ( $h2$ ) года. В качестве исходной величины используется тот же параметр средней глубины, измеренный на данном водоеме в 2018 году ( $h1$ ). При наличии положительной разницы в уровнях, превышающем 0.1 м, делается вывод о проблемности данного водоема и внесении его в кластер первого уровня.

После формирования кластера первого уровня внутри данной группы водоемов был произведена последующая итерация (кластеризация второго уровня) для определения мест локализации групп проблемных водных объектов. Кластеризация проводилась по критерию принадлежности к водоприемнику той или иной реки, информация о которой содержится в паспорте водного объекта.

В результате исследования были получены следующие данные:

– на территории ТиНАО выявлено 18 малых водоемов с признаками обмеления. Их общая площадь 49480 км<sup>2</sup>, что составляет 4,51% от площади всех малых водоемов на данных водосборах. Подтверждением стагнирования данных водоемов являются зарастание и заболачивание, дополнительно отмеченные в паспорте большинства этих водоемов при ревизии 2020 года (Таблица 2).

Проблемные водоемы (Δ>0.1 м)													
№ п/п	Рекомендованное название водоема	Общепринятое название	Округ	Площадь, м <sup>2</sup>	Средняя глубина, м	Функциональное назначение	Водопримени	Тип водоема	Характер питания	Наличие проточности	Наличие гидросооружений	Ведомственная принадлежность (балансодержатель)	Примечание
345	Гаражный пруд	(без наз)	ТАО	3590	1,40	рекреационн	р. Пахра	пойменный	естествен	проточный	-	ГУ "Мособ"	Раньше в пруду купал
469	Десна СНТ Пожарный	(без наз)	НАО	844	1,20	рекреационн	р. Десна	копань	естествен	бессточный	-	ГУ "Мособ"	Заросший
551	Ерино поселка Нижний	(без наз)	НАО	2426	1,70	рекреационн	р. Десна	руслевой	естествен	проточный	-	ГУ "Мособ"	Заболочен
668	Иваньковский пожарны	(без наз)	ТАО	8090	1,50	рекреационн	р. Пахра	копань	естествен	бессточный	-	ГУ "Мособ"	Пожарный пруд, прак
669	Иваньковский пожарны	(без наз)	ТАО	1856	1,60	рекреационн	р. Пахра	копань	естествен	бессточный	-	ГУ "Мособ"	Пожарный пруд, зарос
772	Киевский Верхний пруд	(без наз)	ТАО	14234	1,80	рекреационн	р. Пахра	пойменный	естествен	проточный	водосб	ГУ "Мособ"	Заболочен и загрязнен
826	Кленовый пруд	(без наз)	ТАО	71	1,10	рекреационн	р. Моча	пойменный	естествен	проточный	-	ГУ "Мособ"	Болото
1059	Лески СНТ пруд	(без наз)	НАО	576	1,50	рекреационн	р. Ликова	пойменный	естествен	проточный	-	ГУ "Мособ"	Заболоченный пруд
1278	Михайловский 1-й пруд	(без наз)	ТАО	1878	1,80	рекреационн	р. Пахра	пойменный	естествен	проточный	водосб	ГУ "Мособ"	Полностью заболочен
1394	Никоново болото пруд	(без наз)	ТАО	264	1,50	рекреационн	р. Моча	пойменный	естествен	проточный	-	ГУ "Мособ"	Болото
1402	Никульский Нижний пр	(без наз)	НАО	2990	1,70	рекреационн	р. Десна	руслевой	естествен	проточный	-	ГУ "Мособ"	Наполовину зарос тра
1405	Новинки деревни пруд	(без наз)	НАО	3630	1,70	рекреационн	р. Десна	руслевой	естествен	проточный	-	ГУ "Мособ"	Сильно заросший
1486	Остафевский 1-й пруд	(без наз)	НАО	2600	1,90	рекреационн	р. Десна	пойменный	естествен	проточный	водосб	ГУ "Мособ"	Заболочен. Вода стояч
1527	Пахорский пожарный п	(без наз)	ТАО	630	1,20	рекреационн	р. Пахра	копань	естествен	бессточный	-	ГУ "Мособ"	Заросший водоем. Ран
1708	Ракитки п/з пруд	(без наз)	НАО	338	1,40	рекреационн	р. Десна	пойменный	естествен	проточный	-	ГУ "Мособ"	Заросший
1808	Рязановский Малый пр	(без наз)	НАО	1779	1,50	рекреационн	р. Десна	пойменный	естествен	проточный	-	ГУ "Мособ"	Заболочен
2020	Таблетка (Иварно фар)	(без наз)	НАО	2235	1,90	рекреационн	р. Ликова	пойменный	естествен	проточный	-	ГУ "Мособ"	Зарастающий пруд. Дс
2123	Троицкое парка-усадеб	(без наз)	НАО	1449	1,20	рекреационн	р. Сосенка	руслевой	естествен	проточный	водосб	ГУ "Мособ"	Сильно зарос

Таблица 2. Список проблемных малых водоемов ТиНАО

Table 2. List of problematic small reservoirs in TiNAO

Наибольшее число обмелевших водоемов локализованы в бассейнах рек Пахра (7 водоемов) и Десна (6). Наименьшее в бассейнах рек Моча (2), Ликова (2), Сосенка (1). (См. Рисунок 1). Необходимо учесть, что река Пахра лишь частично (50 км из 129 км общей длины) протекает по территории ТиНАО Десна (левый приток Пахры, 88 км, площадь водосборного бассейна составляет 717 км<sup>2</sup>) и Моча (правый приток Пахры, длина 50 км, площадь водосборного бассейна - 432 км<sup>2</sup>) имеют протяженность по 30 км (здесь и далее данные взяты из [16].) Десна впадает в Пахру в районе Подольска. Река Сосенка – приток Десны. Река Ликова – левый приток реки Незнайки, впадающей в Десну. Длина – 21 км. Все они относятся к водосборному бассейну реки Оки [17].

Дендрограмма водоемов по водоприемникам			
№ п/п	№ уч.	Рекомендованное название водоема	Водоприемник
1	469	Десна СНТ Пожарный пруд	НАО р. Десна
2	551	Ерино поселка Нижний пруд	НАО р. Десна
3	1402	Никульский Нижний пруд	НАО р. Десна
4	1405	Новинки деревни пруд	НАО р. Десна
5	1486	Остафевский 1-й пруд	НАО р. Десна
6	1708	Ракитки п/з пруд	НАО р. Десна
7	1808	Рязановский Малый пруд	НАО р. Десна
8	1059	Лески СНТ пруд	НАО р. Ликова
9	2020	Таблетка (Иварино фарма) пр	НАО р. Ликова
10	2123	Троицкое парка-усадыбы Верх	НАО р. Сосенка
11	826	Кленовый пруд	ТАО р. Моча
12	1394	Никоново болото пруд	ТАО р. Моча
13	345	Гаражный пруд	ТАО р. Пахра
14	668	Иваньковский пожарный 3-й	ТАО р. Пахра
15	669	Иваньковский пожарный 4-й	ТАО р. Пахра
16	772	Киевский Верхний пруд	ТАО р. Пахра
17	1278	Михайловский 1-й пруд	ТАО р. Пахра
18	1527	Пахорский пожарный пруд	ТАО р. Пахра

Рисунок 1. Дендрограмма кластерного распределения проблемных малых водоемов ТиНАО по водоприемникам

Figure 1. Dendrogram of cluster distribution of problematic small reservoirs in TiNAO by water receiving area

С помощью приложения GoogleMAPS выполнена визуализация результатов кластерного анализа по набору морфометрических показателей и нанесение проблемных водоемов на карту ТиНАО по координатам, имеющимся в паспортах исследуемых водоемов (Рисунок 2).

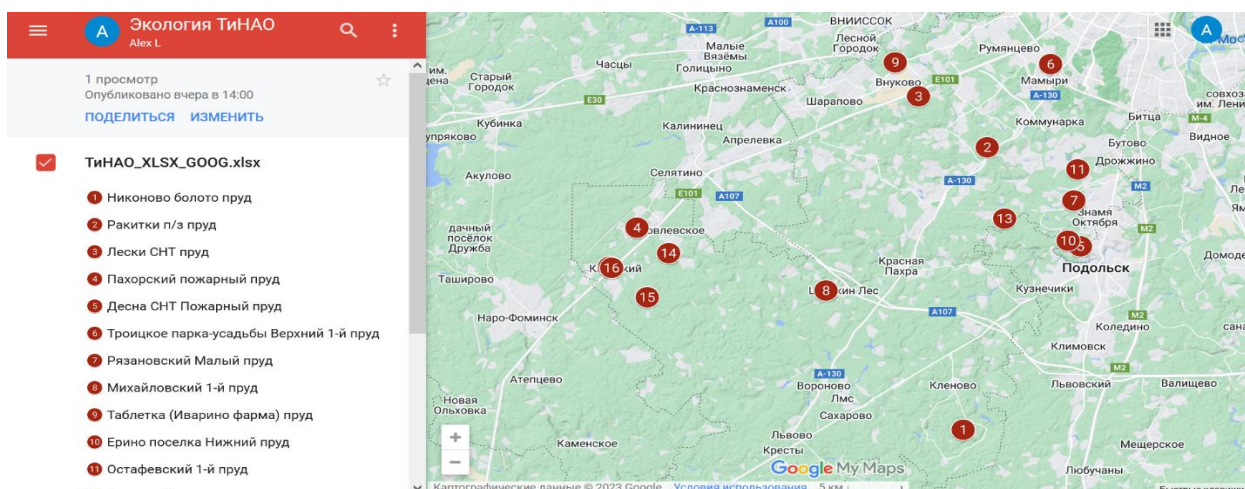


Рисунок 2. Отображение на карте проблемных водоемов ТиНАО

Figure 2. Mapping out the problematic reservoirs in TiNAO

При анализе картографических данных видна локализация проблемных водоемов в районе промзоны в западном районе Подольска. Большинство остальных водоемов расположены вблизи крупных транспортных линий. При проектировании природозащитных мероприятий в рамках экологического развития региона этим зонам следует уделять повышенное внимание, как наиболее подверженным антропогенному воздействию. Для наиболее полного геоэкологического исследования данного района соответствующим службам необходимо организовать полный периодический комплекс исследований уровня загрязнения атмосферы, почв и подземных вод на постоянной основе.

### **Заключение**

– Полноценного исследования малых замкнутых водоемов расположенных в черте ТиНАО ранее не проводилось и сведения об их экологических характеристиках практически отсутствуют. Таким образом можно утверждать, что данная работа стала первым целенаправленным исследованием всей совокупности комплекса малых водоемов на территории ТиНАО по морфометрическим параметрам.

– С учетом большого массива данных, при проведении экологического анализа морфометрических параметров малых водоемов необходимо использовать современные методы математического анализа и геоинформационные системы для обработки и интерпретации информации. Этот подход не только помогает лучше понять структуру и функционирование водных экосистем, но и обеспечивает научную основу для принятия решений в области управления водными ресурсами и охраны окружающей среды.

– Экологическая оценка, основанная на кластерном анализе морфометрических параметров малых водоемов, позволяет определить уязвимые экосистемы, нуждающиеся в особой защите и развитии. Идентификация (кластеризация) групп водоемов с сходными



характеристиками позволяет увидеть отклонения от нормы на уровне таких групп, что дает масштабное понимание экологической ситуации на уровне территорий водосборов более крупных водных объектов. Таким образом, кластерный анализ малых водоемов по морфометрическим параметрам является важным инструментом экологической оценки. Используя полученные с его помощью данные, возможно разработать и в дальнейшем реализовать эффективные меры по сохранению и восстановлению не только водных экосистем, но и всей совокупности биосферы.

– Для того, чтобы защитить и успешно восстановить малые водоемы ТиНАО, следует провести более обширное исследование и оценку их состояния. Необходимо в каждом случае выявить основные причины изменения морфометрии водоема, а также дополнительно изучить тип и уровень загрязнения, определить степень воздействия антропогенных факторов и их последствия для водного объекта. окружающей среды. Эти данные в дальнейшем позволят разработать эффективные стратегии по комплексной экологической защите водоемов и предотвратить дальнейшее ухудшение их состояния.

В конечном итоге, решение проблемы сохранения и экологической защиты малых водоемов ТиНАО требует совместных усилий государственных органов, научных институтов, экологических организаций и активного участия местного населения. Только с помощью их совместных усилий можно достичь положительных результатов по восстановлению и сохранению важных природных объектов. Но для этого природоохранные организации должны изначально получить четкую картину текущей геоэкологической ситуации в округе и иметь действенные механизмы для дальнейшего постоянного мониторинга. Будем надеяться, что в ближайшем будущем будут приняты необходимые меры для сохранения и усиления охраны малых водоемов ТиНАО, имеющих ценность для биосферы и населения.

**Список источников**

1. Санец Е.В., Овчарова Е.П. Опыт геоэкологической оценки малых городских водных объектов (на примере города Минска), Институт природопользования НАН Беларуси, материалы XIV Международной ландшафтной конференции, Минск 2023. С. 112-115.
2. Водный Кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 04.08.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023).
3. Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 N 166-ФЗ.
4. Шапоренко С.И., Ясинский С.В., Вишневская И.А. Изменение морфометрических параметров водохранилищ московорецкой водной системы за период их эксплуатации // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 1. С. 4-22.
5. Нильсен, Фрэнк. Введение в HPC с MPI для науки о данных. Springer. «8. Иерархическая кластеризация». ISBN 978-3-319-21903-5. 2016 С. 195-211.
6. Трифонова Т.А., Шутов П.С. Пространственная типизация геосистем речных бассейнов водосбора реки Камы в связи с особенностями тектонического строения территории // Геодинамика и тектонофизика, 2019. №10(4) С. 1029-1044.
7. Костенко С.А. Технология применения многомерного шкалирования и кластерного анализа // Фундаментальные исследования. 2012. №11. С. 927-930.
8. Кузьменко Я.В., Лисецкий Ф.Н., Пичура В.И. Оценка и прогнозирование стока малых рек в условиях антропогенных воздействий и изменений климата // Современные проблемы науки и образования. Географические науки. 2012. №6. - Режим доступа: <http://www.science-education.ru/106-7640>
9. Гайдышев И.А. Анализ и обработка данных: специальный справочник. СПб: Питер, 2001. 752 С.

10. Тушина А.С. Геоэкологическая оценка малых водоемов города Новосибирска. Кандидатская диссертация. Специальность 25.00.36. Барнаул 2021. 251 С.
11. Жихарев А.М., Жихарева О.И. Учет проявления природно-территориального своеобразия при разработке классификации малых рек с использованием методов математического анализа (на примере северо-востока Ярославского Верхневолжья) // Ярославский педагогический вестник 2010 С. 102-107.
12. Дрabbкова В. Г., Сорокин И. Ц. Озеро и его водосбор - единая природная система. Ленинград: Наука: Ленингр. отд-ние. 1979. 196 С.
13. Романов В. П. Применение морфометрических показателей в целях определения природного потенциала водоемов и прогнозирования их состояния // Труды Всесоюзного совещания «Антропогенные изменения экосистем малых озер». СПб: Гидрометеиздат. 1991. Кн. 1. 176 С.
14. Смирнова Л.Г., Нарожняя А.Г., Кожушков А.А. Типизация водосборных бассейнов Белгородской области по морфометрическим характеристикам рельефа для оценки эрозионной опасности на региональном уровне // Достижения науки и техники АПК. 2015 Т.29. №12. С. 66-91.
15. Никитенков А.Н., Дутова Е.М. Речной сток и морфометрические параметры водосборов северной части Кузнецкого Алатау // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов 2010 Т.136. №1. С. 142-147.
16. Государственный водный реестр : [арх. 15 октября 2013] / Минприроды России. 2009.
17. Вагнер Б. Б., Клевкова И. В. Реки Московского региона. Учебно-справочное пособие по курсу «География и экология Московского региона» М.: МГПУ, 2003. 73 С.

## References

1. Sanets E.V., Ovcharova E.P. (2023) Opyt geoeologicheskoy ocenki malyh gorodskih vodnyh ob'ektov (na primere goroda Minska) [Experience in geocological assessment of small urban water bodies (using the example of the city of Minsk)]. Proceedings of the XIV International Landscape Conference, Institute of Environmental Management of the National Academy of Sciences of Belarus, 2023, Minsk, Pp. 112-115.
2. Vodnyj Kodeks Rossijskoj Federacii ot 03.06.2006 No 74-FZ [Water Code of the Russian Federation dated 06/03/2006 No 74-FZ] (as amended on 08/04/2023) (with amendments and additions, entered into force on 09/01/2023).
3. Federal'nyj zakon «O rybolovstve i sohranении vodnyh biologicheskikh resursov» ot 20.12.2004 No. 166-FZ [Federal Law «On Fisheries and Conservation of Aquatic Biological Resources» dated December 20, No. 166-FZ] 2004.
4. Shaporenko S.I., Yasinsky S.V., Vishnevskaya I.A. (2014) Izmenenie morfometricheskikh parametrov vodohranilishch moskvoreckoj vodnoj sistemy za period ih ekspluatatsii [Changes in the morphometric parameters of the reservoirs of the Moskvoretsky water system during the period of their operation] / Russian Water Management: Problems, Technologies, Management, Higher Attestation Commission. No. 1. Pp. 4-22.
5. Nielsen, Frank (2016) Introduction to HPC with MPI for Data Science. Springer. «8. Hierarchical clustering.» ISBN 978-3-319-21903-5. Pp. 195-211.
6. Trifonova T.A., Shutov P.S. (2019) Prostranstvennaya tipizatsiya geosistem rechnykh bassejnov vodosbora reki Kamy v svyazi s osobennostyami tektonicheskogo stroeniya territorii [Spatial typification of geosystems of river basins of the Kama River catchment in connection with the peculiarities of the tectonic structure of the territory] / Geodynamics and tectonophysics. No. 10(4) Pp. 1029-1044.
7. Kostenko S.A. (2012) Tekhnologiya primeneniya mnogomernogo shkalirovaniya i klasternogo analiza [Technology of application of

multidimensional scaling and cluster analysis] / Fundamental research. No. 11. Pp. 927-930.

8. Kuzmenko Ya.V., Lisetsky F.N., Pichura V.I. (2012) Ocenka i prognozirovanie stoka malyh rek v usloviyah antropogennyh vozdeystvij i izmenenij klimata [Assessment and forecasting of small river flows under conditions of anthropogenic impacts and climate change] / Modern problems of science and education. Geographical Sciences. - No. 6. - Access: <http://www.science-education.ru/106-7640>

9. Gaidyshev I.A. (2001) Analiz i obrabotka dannyh: special'nyj spravocnik [Data analysis and processing: a special reference book]. St. Petersburg: Peter. 752 P.

10. Tushina A.S. (2021) Geoekologicheskaya ocenka malyh vodoemov goroda Novosibirska. [Geocological assessment of small reservoirs in the city of Novosibirsk], PhD thesis, Barnaul. 251 P.

11. Zhikharev A.M., Zhikhareva O.I. (2010) Uchet proyavleniya prirodno-territorial'nogo svoeobraziya pri razrabotke klassifikacii malyh rek s ispol'zovaniem metodov matematicheskogo analiza (na primere severo-vostoka Yaroslavskogo Verhnevolzh'ya) [Taking into account the manifestation of natural-territorial originality when developing a classification of small rivers using methods of mathematical analysis (on the example of the north-east of the Yaroslavl Upper Volga region)] / Yaroslavl Pedagogical Bulletin. Pp. 102-107.

12. Drabkova V. G., Sorokin I. Ts. (1979) Ozero i ego vodosbor - edinaya prirodnyaya sistema [The lake and its catchment area are a single natural system]. Leningrad. Nauka. 196 P.

13. Romanov V.P. (1991) Primenenie morfometriceskikh pokazatelej v celyah opredeleniya prirodnogo potenciala vodoemov i prognozirovaniya ih sostoyaniya [Application of morphometric indicators for the purpose of determining the natural potential of reservoirs and predicting their condition] // Proceedings of the All-

Union. meeting “Anthropogenic changes in small lake ecosystems”. St. Petersburg. Book. 1. 176 P.

14. Smirnova L.G., Narozhnaya A.G., Kozhushkov A.A. (2015) Tipizaciya vodosbornyh bassejnov Belgorodskoj oblasti po morfometricheskim karakteristikam rel'efa dlya ocenki erozionnoj opasnosti na regional'nom urovne [Typification of drainage basins of the Belgorod region according to the morphometric characteristics of the relief for assessing erosion hazard at the regional level] / Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. T.29. №12. Pp. 66-91.

15. Nikitenkov A.N., Dutova E.M. (2010) Rechnoj stok i morfometricheskie parametry vodosborov severnoj chasti Kuzneckogo Alatau [River flow and morphometric parameters of watersheds in the northern part of the Kuznetsk Alatau] / News of the Tomsk Polytechnic University. Georesources Engineering. No.1. Pp.142-147.

16. State water register: [arch. October 15, 2013] / Ministry of Natural Resources of Russia. 2009.

17. Wagner B. B., Klevkova I. V. (2003) Reki Moskovskogo regiona. Uchebno-spravochnoe posobie po kursu «Geografiya i ekologiya Moskovskogo regiona» [Rivers of the Moscow region. Educational and reference manual for the course “Geography and ecology of the Moscow region”] M.: MSPU 73 P.

© Латыев А.А., Широкова В.А., 2024. Московский экономический журнал,

2024, № 3.