

Научная статья

Original article

УДК 519.876.5 : 528.47 : 556.55

DOI 10.55186/25880209_2024_8_6_29

**АНАЛИЗ ДАННЫХ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ И ОЦЕНКА
НЕКОТОРЫХ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРУДА
МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИНСТРУМЕНТОВ QGIS И SAGA GIS**

**THE ANALYSIS OF BATHYMETRIC SURVEY DATA AND ASSESSMENT OF
SOME MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE RECLAMATION POND
USING QGIS AND SAGA GIS TOOLS**



Зверьков Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт «Радуга» (пос. Радужный, д. 38, Коломна, Московская обл., Россия, 140483), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8348-4391>, rad_sc@bk.ru

Смелова Светлана Станиславовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт «Радуга» (пос. Радужный, д. 38, Коломна, Московская обл., Россия, 140483); доцент, Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета (ул. Октябрьской революции, д. 408, г. Коломна, Московская обл., Россия, 140402), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1717-0026>

Ахтырский Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент, Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета (ул. Октябрьской революции, д. 408, г. Коломна, Московская обл., Россия, 140402)

Zverkov Mikhail Sergeevich, candidate of technical sciences, leading researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute «Raduga» (Raduzhny village, 38, Kolomna, Moscow region, Russia, 140483), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8348-4391>, rad_sc@bk.ru

Svetlana Stanislavovna Smelova, candidate of biological sciences, senior researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute «Raduga» (Raduzhny village, 38, Kolomna, Moscow region, Russia, 140483), associate professor, Kolomna Institute (branch) Moscow Polytechnic University (408 Oktyabrskaya revolyutsii str., Kolomna, Moscow Region, Russia, 140402), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1717-0026>

Ahtyrskiy Sergey Aleksandrovich, associate professor, Kolomna Institute (branch) Moscow Polytechnic University (408 Oktyabrskaya revolyutsii str., Kolomna, Moscow Region, Russia, 140402)

Аннотация. В статье приводятся материалы по изучению наиболее важных морфометрических параметров водоема мелиоративного назначения по данным батиметрической съемки. Отмечается, что исследование, мониторинг и охрана на законодательном уровне малых водных экосистем сейчас имеет особое значение. Для получения достоверных и полных данных о современном техническом и экологическом состоянии подобного мелиоративного объекта необходимо проводить комплексные исследования в режиме мониторинга, в том числе оперативного с использованием технологии дистанционного зондирования Земли. Показана возможность использования геоинформационных систем для решения задач батиметрического контроля и оценки морфометрических показателей водных объектов. Исследование выполнено с использованием инструментов геоинформационных систем QGIS и SAGA GIS, а также спутниковых снимков

семейства «Landsat/Copernicus». Максимальная глубина пруда составила 4,9 м, средняя глубина – 1,8 м. Площадь зеркала водного объекта по полученному урезу воды равна 0,213 км². Мелководная зона пруда составила 17% от общей площади зеркала.

Abstract. The purpose of the study is to study the bottom relief according to bathymetric survey data and calculate some morphometric characteristics of the reclamation pond. It is noted that the study, monitoring and protection at the legislative level of small aquatic ecosystems is now of particular importance. To obtain reliable and complete data on the current technical and environmental condition of such a reclamation facility, it is necessary to conduct comprehensive studies in the monitoring mode, including operational ones using Earth remote sensing technology. The possibility of using geographic information systems to solve the problems of bathymetric monitoring and assessment of morphometric indicators of water bodies is shown. The study was performed using the tools of the QGIS and SAGA GIS geographic information systems, as well as satellite images of the Landsat/Copernicus family. The maximum depth of the pond was 4.9 m, the average depth was 1.8 m. The area of the water body mirror according to the obtained water cut is 0.213 km². The shallow zone of the pond accounted for 17% of the total mirror area.

Ключевые слова: *водный объект, пруд, батиметрия, морфометрические характеристики, глубина, дистанционное зондирование, спутниковый снимок, Landsat, QGIS, SAGA GIS*

Keywords: *water body, pond, bathymetry, morphometric characteristics, depth, remote sensing, satellite image, Landsat, QGIS, SAGA GIS*

Введение

Согласно Водному кодексу Российской Федерации все природные и искусственные водоемы, водотоки, озера, родники, болота, имеющие характерные признаки водного режима, объединены общим понятием «водные объекты» [1]. Согласно ГОСТ 19179–73 пруд – мелководное водохранилище площадью не более 1 км² [2].

Объектом исследования является пруд, образованный в результате строительства мелиоративного гидротехнического сооружения (плотины) в долине небольшого безымянного ручья – притока р. Оки, относящегося к равнинным водотокам с инфильтрационным типом питания. Исток ручья приурочен к существующей овражной сети, по которой происходит разгрузка подземных вод [3]. Часть стока аккумулируется с водосбора, в состав которого входит полигон твердых бытовых отходов «Воловичи», работавший в период с 1990-х по 2019 гг. Его рекультивация завершена только в 2024 году. Также на водосборе расположена крупная нефтеперекачивающая станция, дренажные сети которой сбрасывают воду в безымянный ручей. В СМИ неоднократно освещались случаи массовой гибели рыбы в этом водном объекте.

Изучаемый пруд, получивший название «Семеновский», расположен на территории Коломенского городского округа Московской области в окружении населенных пунктов Семеновский, Сычево и Барановка Акатьевского сельского поселения. В северной части пруда расположена оросительная мелиоративная система, созданная в 1980-х годах. Гидранты и сооружения на подземной сети в основном утрачены. Забор воды осуществляется передвижными насосными станциями.

Являясь неполноценной экосистемой, вследствие своего искусственного происхождения, пруды имеют ограниченный срок существования, который составляет в среднем 10–15 лет, что гораздо меньше предусмотренного проектом [4, 5]. Это связано с исключительной ролью процесса заиливания в эволюции прудов. В условиях слабой проточности данного мелиоративного объекта заиливание идет особенно интенсивно. Достаточно высокий уровень содержания органических веществ в пруду частично обусловлен аллохтонным (привнесенным) загрязнением вследствие поступления органики с поверхностным стоком с территории водосбора [6]. Другой причиной биогенной нагрузки является автохтонное (естественное) загрязнение в результате отмирания и разложения водной растительности (детрит) при остром дефиците кислорода [7].

Кроме того, эксплуатация гидротехнического сооружения часто сопровождается абразией берегов и эрозией склонов, подтоплением и заболачиванием прилегающих территорий, а также разрушением инженерных сооружений, осуществляющих регулирование стока, водозабор или другие функции. Все это может спровоцировать аварии и чрезвычайные ситуации, которые наносят большой ущерб экономике и окружающей природной среде [8].

На момент проведения исследования по данным Росреестра плотина имеет собственника (кадастровый номер сооружения 50:34:0040418:843). В тоже время, как отмечают эксперты, многие мелиоративные гидротехнические сооружения в настоящее время являются бесхозными, а бремя по их содержанию до определения собственника возложено федеральным законом № 117-ФЗ на органы государственной власти субъектов Российской Федерации [9]. Бесхозное гидротехническое сооружение является объектом, создающим повышенную опасность для населения, требует принятия незамедлительных мер по постановке их на учет и передаче в собственность и/или оперативное управление эксплуатирующей организации для обеспечения безопасности с целью предотвращения чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий [10].

Поэтому исследование, мониторинг и охрана на законодательном уровне малых водных экосистем сейчас имеет особое значение [11, 12, 13]. Для получения достоверных и полных данных о современном техническом и экологическом состоянии подобного мелиоративного объекта необходимо проводить комплексные исследования в режиме мониторинга, в том числе оперативного с использованием технологии дистанционного зондирования Земли [14].

Цель исследования заключается в изучении рельефа дна по данным батиметрической съемки и расчет некоторых морфометрических характеристик Семеновского пруда. **Научно-практическая значимость исследования** сводится к наглядной иллюстрации возможного использования геоинформационных систем для решения задач батиметрического контроля и оценки морфометрических показателей водных объектов на текущей стадии его жизненного цикла.

Определение наиболее значимых морфометрических показателей регламентируется водохозяйственными нормативными правовыми документами [15, 16, 17]. Особое значение определение параметров водоемов в мелиоративной отрасли АПК связано с декларированием безопасности гидротехнических сооружений и расчетов вероятного вреда от аварий и чрезвычайных ситуаций на них [18, 19]. Система государственного мониторинга окружающей среды включает организацию регулярных наблюдений за экологическим состоянием, режимом использования водоохраных зон, изменением морфометрических показателей водных объектов [20]. Уровненный режим водоемов также оказывает существенное влияние на социально-экономические и экологические условия регионов [21].

Данные о дне водоемов отражаются кривыми зависимости площадей зеркала и объемов от уровней воды – изобат, то есть линий с указанием одинаковой глубины исследуемого водного пространства относительно его уровня [22]. Батиметрическая карта служит основой для расчета морфометрических показателей (площади, объема, длины, ширины, средней глубины и др.), а также производных от них показателей формы и площади водоемов (глубинности, формы, удлиненности, глубины расположения центра котловины и др.).

Методы и методология проведения исследования

Сбор батиметрических данных проводился с помощью однолучевого эхолота «Практик ЭР–6 Pro» путем промера глубин по сформировавшемуся ледяному покрову водоема. Результаты измерений заносились в полевой журнал.

Координаты точек измерений (всего 1900 шт.) фиксировались с помощью двухчастотного GNSS-приемника Geobox Fora Lux, которые записывались в память контроллера. Каждой точке присваивался соответствующий порядковый номер. Точки экспортировались в персональный компьютер в виде файла формата *.xls. Объединение данных о координатах и глубинах, а также формирование атрибутивной таблицы в формате *.csv выполнялось с помощью электронных таблиц Microsoft Office Excel (ver. 16.10 Build 180124 (2018)).

В среде программы QGIS (ver. 3.28.1 «Firenze») на основе атрибутивной таблицы создавался точечный векторный слой в формате *.shp. Исходная система координат – WGS 84 (Pseudo-Mercator, EPSG: 3857) выбрана вследствие наилучшего совпадения спутниковых снимков семейства «Landsat/Copernicus» с исходными подложками используемых геоинформационных программных комплексов. Местная система координат в данном исследовании не использовалась. Данные дополнялись «нулевыми» глубинами в береговой зоне по урезу воды.

Интерполяция итогового набора исходных данных (всего 4306 шт.) в формате *.shp выполнена в программе SAGA GIS (ver. 9.3.1) с помощью функции «Multilevel B-Spline» с последующей векторизацией полученной сетки «Grid System». В результате получено два векторных слоя с типами геометрии «линия» и «полигон».

Задачи исследования включали:

- построение батиметрических кривых рельефа дна;
- оценка максимальной $h_{\text{макс}}$ и средней глубины $h_{\text{ср}}^1$ пруда;
- расчет площади зеркала F водного объекта по полученному урезу воды (с помощью функции площади геометрии полигонального объекта \$area по эллипсоиду);
- оценка площади литорали F_L ;
- измерение длины береговой линии S ;
- расчет коэффициента извилистости береговой линии m ;
- расчет показателя открытости $F/h_{\text{ср}}$.

Важным элементом котловины водного объекта является береговая зона, которая в зависимости от площади зеркала, интенсивности процесса абразии и эрозии может включать береговой уступ, побережье и береговую отмель. Последние два элемента составляют мелководную зону или литораль, особенно испытывающую волновое воздействие. Необходимо отметить, что развитие высшей растительности (макрофитов), как правило, ограничено этой зоной. В

¹ Примечание: так как оценка объема воды в пруду не входило в задачи данного исследования, то значение средней глубины $h_{\text{ср}}$ установлено по данным батиметрической съемки.

большинстве случаев за пределами литорали находится сублитораль (подводный откос), пелагиаль (глубоководная часть водного объекта) и профундаль (дно) [23].

К мелководной зоне пруда F_L относят его прибрежную часть с глубиной h , не превышающей 2 м. Площадь этой зоны определяется зависимостью

$$F_L = F - F_{H-2},$$

где F_{H-2} – площадь зеркала при уровне воды $H - 2$ м.

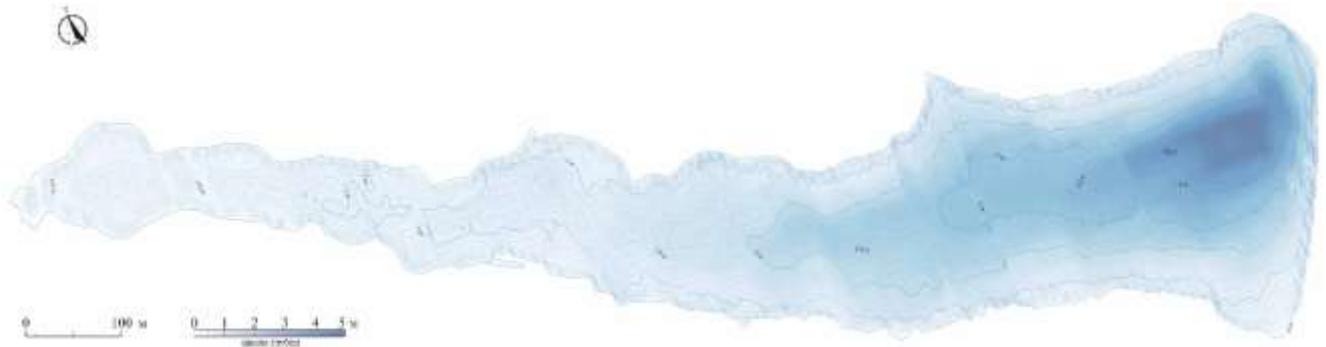
Результаты и обсуждение

На рисунке приведены результаты моделирования рельефа дна по данным батиметрической съемки.

Максимальная глубина пруда составила $h_{\text{макс}} = 4,9$ м, средняя глубина – $h_{\text{ср}} = 1,8$ м. Площадь зеркала F водного объекта по полученному урезу воды равна $0,213$ км². Это обуславливает значительную открытость $F/h_{\text{ср}}$ водоема, которая в данном случае равна $0,118$ км²/м. В условиях ветрового перемешивания толщи воды возможно формирование благоприятного газового режима. В целом при открытости и незначительных глубинах в водоемах не наблюдается дефицита кислорода, который может беспрепятственно поступать из воздуха во всю водную толщу [24]. При этом необходимо отметить, что мониторинг объекта *in situ* в периоды с разным уровнем режимом выявили эвтрофикацию водоема, особенно активно проявляющуюся в конце вегетационного сезона в период летне-осенней межени.

Длина береговой линии составила $S = 3597$ м. Коэффициент ее извилистости m определялся как отношение длины береговой линии S к длине окружности круга C (1634 м), площадь которого равна площади водоема F . Таким образом коэффициент m равен $2,2$.

Площадь зеркала при уровне воды $(H - 2)$ м составила $F_{H-2} = 0,176$ км². Мелководная зона пруда F_L составила $0,037$ км² (17% от общей площади зеркала при данном урезе воды).



А



Б



В

Батиметрические кривые и рельеф дна (А, Б) и спутниковый снимок семейства «Landsat/Copernicus» (тип «true color»)

Выводы

Показана возможность использования геоинформационных систем для решения задач батиметрического контроля и оценки морфометрических показателей водных объектов. Максимальная глубина пруда составила $h_{\text{макс}} = 4,9$ м, средняя глубина – $h_{\text{ср}} = 1,8$ м. Площадь зеркала F водного объекта по полученному урезу воды равна $0,213 \text{ км}^2$. Мелководная зона пруда составила 17% от общей площади зеркала.

Литература

1. Водный кодекс Российской Федерации (от 03.06.2006 N 74-ФЗ, ред. от 08.08.2024, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024 г.) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901982862> (Дата обращения 20.11.2024 г.).
2. ГОСТ 19179-73 «Гидрология суши. Термины и определения» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200009457> (Дата обращения 20.11.2024 г.).
3. Смелова, С.С. О месторасположении истока реки Репинки в Коломне / С.С. Смелова, Е.А. Лобанова, В.В. Прокофьев // Экология и строительство. 2018. № 1. С. 14-20. DOI 10.24411/2413-8452-2018-00003. EDN XQZICL.
4. Сухарев, И.П. Пруды Центрально-Черноземной полосы / И.П. Сухарев, Г.С. Пашнев. Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1968. 151 с.
5. Географические закономерности осадконакопления в малых водохранилищах / М.Я. Прыткова. Л.: Наука, 1986. 86 с.
6. Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидроло-гидрохимические аспекты. М.: ГЕОС, 2007. 252 с.
7. Сахарова Е.Г., Корнева Л.Г. Фитопланктон литорали и пелагиали Рыбинского водохранилища в годы с разным температурным и уровнем режимными // Биология внутренних вод. 2018. № 1. С. 11–18.
8. Касперов, Г.И. Натурные обследования технического состояния гидротехнических сооружений прудов-накопителей мелиоративных и польдерных систем / Г.И. Касперов, В.Е. Левкевич, Д.С. Миканович // Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность, 2016 . С. 315-319.
9. О безопасности гидротехнических сооружений / Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9046062> (Дата обращения 20.11.2024 г.).
10. Бегеза, В.В. Правоприменительная практика в части регламентирующей вопросы обеспечения безопасности бесхозяйных гидротехнических сооружений / В.В. Бегеза, А.Н. Кочетов // Известия Всероссийского научно-исследовательского

института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2020. Т. 296. С. 94-102. EDN LQGHON.

11. Болотов М.И. Экологическая ценность малых водных экосистем (обзор) // Студенческий научный форум: мат. XIV междун. студ. научн. конф. [Электронный ресурс]. URL: [href= https://scienceforum.ru/2022/article/2018029715](https://scienceforum.ru/2022/article/2018029715) ><https://scienceforum.ru/2022/article/2018029715> (Дата обращения 20.11.2024 г.).

12. Karl Cottenie. Zooplankton community structure and environmental conditions in a set of interconnected ponds [text] / Karl Cottenie, Nele Nuytten, Erik Michels, Luc De Meester // Hydrobiologia. 2001. № 442. P. 339-350.

13. Assessing aquatic biodiversity of zooplankton communities in an urban landscape / El-Amine Mimouni, Bernadette Pinel-Alloul, Beatrix E. Beisner // Urban Ecosyst. 2015. № 18. P. 1353-1372.

14. ГОСТ Р 70611-2022. Методика оценки дистанционными методами технического и экологического состояния [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200195123> (Дата обращения 20.11.2024 г.).

15. О порядке утверждения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей / постановление Правительства Российской Федерации от 23.07.2007 г. № 469 (с изменениями на 8 июня 2011 года) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902053157> (Дата обращения 20.11.2024 г.).

16. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков / ГОСТ 17.1.3.07-82 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012472> (Дата обращения 20.11.2024 г.).

17. Об утверждении статистического инструментария для организации Федеральным агентством водных ресурсов федерального статистического наблюдения за выполнением водохозяйственных и водоохраных работ на водных объектах / приказ Росстата от 28.08.2012 N 469, редакция от 28.08.2012 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902370972> (Дата обращения 20.11.2024 г.).

18. Савушкин С.С. К вопросу эксплуатации гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса / С.С. Савушкин, С.А. Гжибовский // Экология и строительство. 2021. № 2. С. 22-28. DOI 10.35688/2413-8452-2021-02-002. EDN SIAJSJ.

19. Каштанов В.В., Савушкин С.С. Правовые проблемы взаимоотношений хозяйствующих субъектов Российской Федерации в практике использования гидротехнических сооружений // Экология и строительство. 2023. № 1.

20. Положение об осуществлении государственного мониторинга водных объектов / Постановление Правительства РФ № 219 от 10.04.2007 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902037173> (Дата обращения 20.11.2024 г.).

21. Булгаков Д.В., Гжибовский С.А. Область безопасности гидротехнических сооружений, закрепленная в нормативно-правовых актах Российской Федерации // Экология и строительство. 2024. № 1.

22. Авакян А.Б., Салтыкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.

23. Теоретические основы водопользования. Гидрометрия: краткий курс лекций ... / сост.: Ю.В. Бондаренко, Ю.Ю. Киселева. Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016. 77 с.

24. Оценка экологического состояния малых водоемов: учебное пособие / Е.В. Лобуничева, М.Я. Борисов, И.В. Филоненко, Д.А. Филиппов. Вологда: ФГБНУ «ГосНИИОРХ», 2013. 211 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/ocenka/text.pdf> (Дата обращения 20.11.2024 г.).

References

1. Vodnyj kodeks Rossijskoj Federacii (ot 03.06.2006 N 74-FZ, red. ot 08.08.2024, s izm. i dop., vstup. v silu s 01.09.2024 g.) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901982862> (Data obrashcheniya 20.11.2024 g.).

2. GOST 19179-73 «Gidrologiya sushi. Terminy i opredeleniya» [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200009457> (Data obrashcheniya 20.11.2024 g.).

3. Smelova, S.S. O mestoraspolozhenii istoka reki Repinki v Kolomne / S.S. Smelova, E.A. Lobanova, V.V. Prokof'ev // *Ekologiya i stroitel'stvo*. 2018. № 1. S. 14-20. DOI 10.24411/2413-8452-2018-00003. EDN XQZICL.
4. Suharev, I.P. Prudy Central'no-CHernozemnoj polosy / I.P. Suharev, G.S. Pashnev. Voronezh: Centr.-CHernozem. kn. izd-vo, 1968. 151 s.
5. Geograficheskie zakonomernosti osadkonakopleniya v malyh vodohranilishchah / M.YA. Prytkova. L.: Nauka, 1986. 86 s.
6. Dacenko YU.S. Evtrofirovanie vodohranilishch. Hidrolo-gidrohimicheskie aspekty. M.: GEOS, 2007. 252 s.
7. Saharova E.G., Korneva L.G. Fitoplankton litorali i pelagiali Rybinskogo vodohranilishcha v gody s raznym temperaturnym i urovennym rezhimami // *Biologiya vnutrennih vod*. 2018. № 1. S. 11–18.
8. Kasperov, G.I. Naturnye obsledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya gidrotekhnicheskikh sooruzhenij prudov-nakopitelej meliorativnyh i pol'dernyh sistem / G.I. Kasperov, V.E. Levkevich, D.S. Mikanovich // *Trudy BGTU. №2. Lesnaya i derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'*, 2016 . S. 315-319.
9. O bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzhenij / Federal'nyj zakon ot 21 iyulya 1997 g. № 117-FZ [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9046062> (Data obrashcheniya 20.11.2024 g.).
10. Begeza, V.V. Pravoprimenitel'naya praktika v chasti reglamentiruyushchej voprosy obespecheniya bezopasnosti beskhoz'yajnyh gidrotekhnicheskikh sooruzhenij / V.V. Begeza, A.N. Kochetov // *Izvestiya Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B.E. Vedeneeva*. 2020. T. 296. S. 94-102. EDN LQGHON.
11. Bolotov M.I. Ekologicheskaya cennost' malyh vodnyh ekosistem (obzor) // *Studencheskij nauchnyj forum: mat. XIV mezhdun. stud. nauchn. konf.* [Elektronnyj resurs]. URL: [href= https://scienceforum.ru/2022/article/2018029715](https://scienceforum.ru/2022/article/2018029715) ><https://scienceforum.ru/2022/article/2018029715> (Data obrashcheniya 20.11.2024 g.).
12. Karl Cottenie. Zooplankton community structure and environmental conditions in a set of interconnected ponds [text] / Karl Cottenie, Nele Nuytten, Erik Michels, Luc De Meester // *Hydrobiologia*. 2001. № 442. P. 339-350.

13. Assessing aquatic biodiversity of zooplankton communities in an urban landscape / El-Amine Mimouni, Bernadette Pinel-Alloul, Beatrix E. Beisner // Urban Ecosyst. 2015. № 18. P. 1353-1372.

14. GOST R 70611-2022. Metodika ocenki distancionnymi metodami tekhnicheskogo i ekologicheskogo sostoyaniya [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200195123> (Data obrashcheniya 20.11.2024 g.).

15. O poryadke utverzhdeniya normativov dopustimyh sbrosov veshchestv i mikroorganizmov v vodnye ob"ekty dlya vodopol'zovatelej / postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 23.07.2007 g. № 469 (s izmeneniyami na 8 iyunya 2011 goda) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902053157> (Data obrashcheniya 20.11.2024 g.).

16. Pravila kontrolya kachestva vody vodoemov i vodotokov / GOST 17.1.3.07-82 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012472> (Data obrashcheniya 20.11.2024 g.).

17. Ob utverzhdenii statisticheskogo instrumentariya dlya organizacii Federal'nym agentstvom vodnyh resursov federal'nogo statisticheskogo nablyudeniya za vypolnieniem vodohozyajstvennyh i vodoohrannyh rabot na vodnyh ob"ektah / prikaz Rosstata ot 28.08.2012 N 469, redakciya ot 28.08.2012 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902370972> (Data obrashcheniya 20.11.2024 g.).

18. Savushkin S.S. K voprosu ekspluatatsii gidrotekhnicheskikh sooruzhenij meliorativnogo kompleksa / S.S. Savushkin, S.A. Gzhibovskij // Ekologiya i stroitel'stvo. 2021. № 2. S. 22-28. DOI 10.35688/2413-8452-2021-02-002. EDN SIAJSJ.

19. Kashtanov V.V., Savushkin S.S. Pravovye problemy vzaimootnoshenij hozyajstvuyushchih sub"ektov Rossijskoj Federacii v praktike ispol'zovaniya gidrotekhnicheskikh sooruzhenij // Ekologiya i stroitel'stvo. 2023. № 1.

20. Polozhenie ob osushchestvlenii gosudarstvennogo monitoringa vodnyh ob"ektov / Postanovlenie Pravitel'stva RF № 219 ot 10.04.2007 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902037173> (Data obrashcheniya 20.11.2024 g.).

21. Bulgakov D.V., Gzhibovskij S.A. Oblast' bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzhenij, zakreplennaya v normativno-pravovyh aktah Rossijskoj Federacii // *Ekologiya i stroitel'stvo*. 2024. № 1.

22. Avakyan A.B., Saltykin V.P., SHarapov V.A. *Vodohranilishcha*. M.: Mysl', 1987. 325 s.

23. *Teoreticheskie osnovy vodopol'zovaniya. Gidrometriya: kratkij kurs lekcij ...* / sost.: YU.V. Bondarenko, YU.YU. Kiseleva. Saratov: FGBOU VO «Saratovskij GAU», 2016. 77 s.

24. *Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya malyh vodoemov: uchebnoe posobie* / E.V. Lobunicheva, M.YA. Borisov, I.V. Filonenko, D.A, Filippov. Vologda: FGBNU «GosNNIORH», 2013. 211 s. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/ocenka/text.pdf> (Data obrashcheniya 20.11.2024 g.).

© Зверьков М.С., Смелова С.С., Ахтырский С.А. 2024. *International agricultural journal*, 2024, № 6, 2006-2020

Для цитирования: Зверьков М.С., Смелова С.С., Ахтырский С.А. АНАЛИЗ ДАННЫХ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ И ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРУДА МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ QGIS И SAGA GIS // *International agricultural journal*. 2024. № 6, 2006-2020