

# ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИХ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ОЗ. СВЯТОЕ)

С.И. Кузьмин<sup>1)</sup>, Б.В. Адамович<sup>2)</sup>, Л.Н. Гертман<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Беларусь, kuzminsaweliy@bsu.by

<sup>2)</sup> Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Беларусь, belaqalab@gmail.com

<sup>3)</sup> Центральный научно-исследовательский институт  
комплексного использования водных ресурсов,  
г. Минск, Беларусь, lubov.hertman@cricuwr.by

В статье представлены результаты геоэкологических исследований озера Святое, расположенного в черте г. Могилев, включающие данные о его гидроморфологических, гидрохимических и гидробиологических характеристиках, а также основных источниках загрязнения. По результатам анализа полученных данных с учетом назначения водного объекта как объекта «рекреации, спорта и туризма» и требований Водного Кодекса Республики Беларусь, экологическое состояние оз. Святое оценено как «плохое». По эколого-санитарной классификации поверхностных вод суши, вода оз. Святого характеризуется как «сильно загрязненная». Рассчитанный индекс сапробности водоема характеризует воду озера как  $\beta$ -мезосапробную или умеренно – загрязненную. Зоопланктон характеризуется низкими величинами биомассы. Не обитаема зообентосом в озере является глубоководная часть, в которой распространение животных сдерживается отсутствием растворенного в воде кислорода, содержанием сероводорода и низкими температурами на протяжении вегетационного сезона. Ярко выраженная стратификация и разделение водной массы на эпи- и гипolimнион с термоклином установлена на глубине 5-6 метров. Содержание кислорода в эпилимнионе сохраняется относительно благоприятным, в то время как после термоклина наблюдается резкое снижение температуры и содержания растворенного в воде кислорода. На основании анализа гидроэкологических данных сделан вывод о том, что стратификация в озере является длительной и приводит к негативным эффектам, которые создают анаэробные условия и, фактически, безжизненную среду в придонной части водоема. При этом, оз. Святое испытывает существенную биогенную нагрузку, способствующую интенсивному развитию в фотическом слое озера первичных планктонных продуцентов. Выявлены превышения нормативов содержания в донных отложениях нефтепродуктов и тяжелых металлов (Cu, Pb). Выполнен расчет допустимой рекреационной нагрузки на озеро. По результатам исследований предложены мероприятия, направленные на восстановление благоприятного состояния водного объекта, для его использования в рекреационных целях.

**Ключевые слова:** озеро Святое; гидрохимические, гидроморфологические и гидробиологические показатели; экологический статус; рекреационное использование; водоохранные мероприятия.

**Постановка проблемы.** Обеспечение устойчивого развития городской среды является важной задачей современного общества. В связи с большой антропогенной нагрузкой на окружающую среду во многих городах могут складываться неблагоприятные экологические ситуации, не удовлетворяющие условиям проживания людей по санитарно-гигиеническим требованиям. Это касается не только качества атмосферного воздуха в городах (на что обращают внимание в первую очередь), но и состояния внутригородских водных объектов. Именно водные объекты играют огромную роль в развитии городских территорий и издавна служили объектами хозяйственного использования (транспорт, рыбная ловля, отдых и др.). В то же время, динамичное развитие городов повлекло за собой трансформацию компонентов городской природной среды, в том числе и аквальных комплексов. В равной степени это относится и к рассматриваемому нами бессточному оз. Святое, расположенному на территории города

Могилева, и которое фактически трансформировано в водохранилище Гребеневское (здесь и далее название водоема «озеро Святое» и «Гребеневское водохранилище» рассматриваются нами как один и тот же водный объект, для которого существуют два названия). Согласно решению Могилевского городского комитета №14-1 от 08.07.2019 водоем (озеро Святое) определен как объект рекреации, спорта и туризма. Однако качество воды Гребеневского водохранилища не соответствует требованиям безопасности и безвредности воды поверхностных водных объектов, используемых для культурно-бытового (рекреационного) использования. На протяжении длительного периода в данном водоеме запрещено купание. Для дальнейшего использования водоема в рекреационных целях (контактного вида рекреации) требуется осуществление мероприятий по улучшению качества воды. Для решения данной проблемы Могилевское городское коммунальное унитарное предприятие «Управление коммунальных предприятий» заключило договор с Белорусским государственным университетом на выполнение работы по оценке современного экологического состояния Гребеневского водохранилища в городе Могилеве и разработке рекомендаций по его очистке.

Основной целью исследований являлась оценка современного экологического состояния оз. Святое и разработка мероприятий, направленных на восстановление благоприятного состояния водного объекта, для его использования в рекреационных целях.

*Материалы и методика исследования.* Материалом для написания данной статьи послужили результаты исследований (2020-2021 гг.) сотрудников научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики БГУ, научно-исследовательской лаборатории гидроэкологии биологического факультета БГУ (2021 г.), а также сотрудников отдела гидрологии и водоохраных территорий Центрального научно-исследовательского института комплексного использования водных ресурсов (ЦНИИКИВР) (2015 и 2021 гг.) [1, 2].

Исследования 2021 г. включали предполевой, полевой и камеральный этапы. На каждом из этапов исследований решался определенный перечень задач.

Предполевой этап включал сбор исходной информации: данных о происхождении и типе озерной котловины оз. Святое, основных морфометрических характеристиках водоема, формировании водного баланса, водообмене, особенностях хозяйственного использования исследуемого объекта и источниках его загрязнения. На данном этапе проводился анализ геоморфологических и геолого-гидрогеологических условий формирования котловины озера и гидрогеохимических условий, влияющих на качество поверхностных вод.

Полевые исследования включали обширный спектр работ: уточнение морфометрических характеристик водоема, проведение батиметрической съемки, зондировка донных отложений, отбор проб воды и донных отложений.

Камеральная обработка данных включала анализ результатов химико-аналитических исследований; проведение гидробиологической оценки фито- и зоопланктона, макрозообентоса, характера и степени зарастания высшей водной растительностью, определение трофического и экологического статуса водного объекта, расчет допустимой рекреационной нагрузки, а также разработка мероприятий, направленных на восстановление благоприятного состояния озера, которое позволило бы использовать его в рекреационных целях.

*Результаты исследований.* Современное очертание береговой линии оз. Святое, расположенного на территории города Могилева, сформировалось в результате добычи нерудных материалов (добычи строительного материала при возведении Могилевского завода искусственного волокна). Данный водоем относится к бассейну р. Днепр. Поверхностный водосборный бассейн озера достаточно ограничен (в том числе и действующей системой дождевой канализации города), а водообмен в нем осуществляется, преимущественно, за счет грунтовых вод. Этому способствует общая динамика грунтового потока прилегающей территории (с разгрузкой в сторону поймы р. Днепр) и значительная глубина озера. Основным источником питания водоема является напорное питание со стороны напорного водоносного горизонта водно-ледниковых березинско-днепровских отложений (f,lgIbr-II<sub>d</sub>), который также является одним из источников питания на участке р. Днепр. Подземная разгрузка напорных вод только в теплый период года ориентировочно составляет в водном балансе 86%. Озеро обеспечивает регулирование режима грунтовых вод на прилегающей территории, защищая ее от подтопления.

Юго-западная часть побережья озера Святое застроена частными домами, на севере и северо-западе расположен автодром и автостоянка. На севере, северо-востоке от уреза воды до автодороги расположен благоустроенный песчаный пляж шириной 20-30 м, между автодорогой и пр. Шмидта разбит парк. На юге и юго-востоке расположена промышленная зона. С южной стороны водоема расположен надземный трубопровод тепло- и водоснабжения. Организованный сброс сточных вод в водоем не осуществляется.

Водосбор водоема отличается средним уровнем трансформации ландшафтов. Поверхностный сток формируется на водосборе с площадью 171,81 га, 55% которого представляет собой массив индивидуальной застройки. 45% площади водосбора (восточное побережье, включающее парковую зону и пляжи) канализованы коллектором дождевой канализации по ул. Симонова. Дождевой сток с этой территории поступает за пределы водосбора водоема и сбрасывается в р. Днепр.

По результатам полевых исследований уточнены (на момент исследований в 2021 г.) морфометрические характеристики водоема: урез воды составил 146,43 м; объем котловины озера до уреза воды - 1861631,4 м<sup>3</sup>; площадь водоема - 38,20 га (1,7181 км<sup>2</sup>); длина береговой линии - 2,6 км; длина озера - 970,0 м; ширина озера - 393,0 м; площадь акватории до глубины 2,0 м - 17,8%; удельный водообмен - 1 раз/год; площадь зеркала водоема в сравнении с исследованиями 2015 г. увеличилась с 37 га до 38,20 га, площадь острова - с 3,5 га до 3,53 га. соответственно; площадь пляжа - 47017 м<sup>2</sup>; средняя глубина водоема - 4,9 м; максимальная глубина - 11 м; дно водоема песчаное и песчано-илистое, в настоящее время заилено; общий объем донных отложений - 261369,2 м<sup>3</sup>; ориентировочный объем острова с мелководьем составляет 157500 м<sup>3</sup> (остров площадью 3,53 га, поросший водной растительностью, в основном, камышом, тростником, рогозом и мелким кустарником, представляет собой мелководье с двумя островами: малым на севере и большим на юго-востоке. Мелководье состоит из органических остатков отмерших растений, похожих на сапропель, в составе юго-восточной части наблюдается слоистость: добавляется песок).

Результаты выполненных химико-аналитических исследований указывают на то, что:

- в целом, качество воды Гребеневского водохранилища по большинству показателей соответствуют нормативам качества воды поверхностных водных объектов. Из 19 приведенных показателей 17 соответствуют нормативам качества воды поверхностных водных объектов (Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30 марта 2015 года № 13 «Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов») исключение составляют значения ХПК и марганца;

- показатель химического потребления кислорода (ХПК) составляет 30,3 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, (ПДК - 30 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.) характеризует содержание органических веществ в воде и показывает количество кислорода (или другого окислителя), затраченное на окисление органических соединений (ХПК является одним из наиболее информативных показателей антропогенного загрязнения вод);

- показатель марганца составляет 0,026 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (ПДК - 0,023 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Незначительное превышение количества марганца возможно связано со следующими факторами: марганец поступает в водные объекты с подземным стоком; рост его концентраций в воде также обусловлен процессами растворения различных минералов, остатков животных и растительных организмов.

В то же время, результаты оценки качества воды Гребеневского водохранилища по показателям безопасности и безвредности воды поверхностных водных объектов для культурно-бытового (рекреационного) использования (показатели утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37) по показателю ХПК указывают на неблагоприятное состояние поверхностных вод водоема для контактных видов его использования. По остальным показателям оно относится к благоприятным или относительно благоприятным. Содержание тяжелых металлов (валовые формы) в воде находится в пределах допустимых значений.

По данным контроля качества по санитарно-эпидемиологическим показателям УЗ «Могилевский зональный центр гигиены и эпидемиологии» (данные 2019-2021 гг.), показатели ХПК и БПК в отдельных случаях превышают ПДК в 1,5-1,6 раз, а регулярное превышение допустимых значений установлено для микробиологических показателей (отдельные значения достигают до 700 ПДК). Данные исследований ЦНИИКИВР

(2015 г.) указывают на загрязнение поверхностных вод озера общими колиморфными (ОКБ) и термотолерантными колиморфными (ТКБ) бактериями. Необходимо отметить, что благоприятными для поверхностных вод являются условия, когда содержание ОКБ и ТКБ составляет 500 и 100 в 1 см<sup>3</sup>. Исходя из того, что колиморфные организмы относятся к классу бактерий, живущих и размножающихся в пищеварительном тракте водоплавающих птиц и попадают в воду с фекалиями, то существующее загрязнение озера колиморфными бактериями в основном связано с птицами, гнездование которых отмечено на острове.

Результаты исследований орнитофауны показывают, что все отмеченные здесь виды орнитофауны экологически связаны с водоемами различного типа, широко распространены в соответствующих биотопах по территории Беларуси, встречаются зачастую среди населенных пунктов и относятся к категории гнездящихся. Всего было отмечено гнездование 4-х видов птиц, из которых абсолютным доминантом являлась озерная чайка (отряд гусеобразных/*Chroicocephalus ridibundus*). Из других видов представлены лебедь-шипун, кряква, а также поганка большая (отряд Поганкообразные/*Podicipediformes*) и Чайка озерная (отряд Ржанкообразные / *Charadriiformes*).

Донные отложения являются депонирующей средой. Аккумулируя загрязнения, поступающие в водоём на протяжении продолжительного периода, донные отложения являются индикатором экологического состояния территории. Отобранные в 2021 г. пробы донных отложений (точка 3 (остров) не соответствуют нормативам качества по нефтепродуктам (Постановление Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 №37), валовому содержанию меди и свинца (ЭкоНиП 17.01.06-001-2017)). Как показывают исследования многих авторов, накопленные в донных отложениях загрязняющие вещества могут быть источниками загрязнения воды водного объекта и накапливаться в живых организмах, перемещаясь по пищевой цепи.

Исследования качества донных отложений разных лет свидетельствуют о превышении допустимых значений содержания загрязняющих веществ в донных отложениях Гребеневского водохранилища. Учитывая, что донные отложения являются не только депонирующей средой, но и источником вторичного загрязнения поверхностных вод, требуется проведение мероприятий по удалению донных отложений, особенно в наиболее загрязненной части – так называемом острове.

Результаты гидробиологических исследований (данные о фитопланктоне, зоопланктоне, макрозообентосе) указывают на то, что:

- по биомассе (данные фитопланктона) в озере преобладают криптофитовые водоросли. Среди цианобактерий, занимающих второе место, не отмечено представителей, способных синтезировать опасные для здоровья токсические вещества. По эколого-санитарной классификации поверхностных вод суши, воду оз. Святого можно охарактеризовать как сильно загрязненную. Индекс сапробности водоема характеризует воду озера как β-мезосапробную или умеренно-загрязненную. Однако, стоит учесть, что эта характеристика дается на основании разового наблюдения в самый теплый сезон 2021 г. и, соответственно, период максимального развития фитопланктона в году;

- видовой состав (данные зоопланктона) оз. Святого представлен всего 7 видами и веслоногими ракообразными на науплиальной и копеподидной стадиях развития. Зоопланктон характеризуется низкими величинами биомассы. В связи с малым числом видов в пробах вычисление индекса сапробности по методу Пантле и Бука будет некорректным;

- в макрозообентосе чаще всего встречаются представители трибы *S. f.l. plumosus* Linne, 1758, населяющие иловые толщи пелагиали большинства водоемов и служащие показателями эвтрофирования. Они способны выносить значительное органическое загрязнение и дефицит растворенного кислорода. Не обитаема зообентосом в озере является глубоководная часть (с глубинами отбора проб в 10-11 м.), где распространение живых организмов сдерживается отсутствием растворенного в воде кислорода, высоким содержанием сероводорода и низкими температурами на протяжении вегетационного сезона.

Анализ данных термического и гидрохимического режимов показывает, что в озере Святое наблюдается выраженная стратификация и разделение водной массы на эпи- и гипolimнион с термоклином на глубине 5-6 метров. Содержание кислорода в эпимлионе сохраняется относительно благоприятным, в то время как после термоклина, начиная с глубины 6 м, наблюдается резкое снижение температуры и

содержания растворенного в воде кислорода, а также крайне высокое содержание аммонийного азота.

Трофический статус оз. Святого оценен по методу Карлсона на основании данных о прозрачности воды, содержании общего фосфора и хлорофилла а в эпилимнионе. Индекс составил 51, что характеризует водоем, как эвтрофный.

Таким образом, на основании анализа гидроэкологических данных, можно заключить, что стратификация в озере является длительной и приводит к негативным эффектам, которые создают анаэробные условия и, фактически, безжизненную среду в придонной части водоема. При этом, оз. Святое испытывает существенную биогенную нагрузку, способствующую интенсивному развитию в фотическом слое озера первичных планктонных продуцентов.

В целом, экосистему озера нельзя охарактеризовать как благоприятную. Основной причиной этого является эвтрофирование водоема на фоне стратификации водной массы в водоеме. Следовательно, исходя из полученных данных, в отношении Гребеневского водохранилища следует принять существование предпосылок к последующей его деградации.

С учетом назначения водного объекта (объект рекреации, спорта и туризма) экологическое состояние (статус) Гребеневского водохранилища можно считать, как «плохое».

Согласно положениям ТКП 17.06-17-2018, а также значений площади озера (38,2 га), проведены расчеты допустимой рекреационной нагрузки на него. Произведенный расчет с учетом специфики водоема указывает на то, что допустимая единовременная рекреационная нагрузка на озеро по количеству отдыхающих не должна превышать 535 человек, в том числе 9 любителей рыболовов. Исходя из данных условий также определено, что на озере возможно использовать до 19 гребных лодок и катамаранов, а также 1 малых парусных судов.

*Заключение.* Выполненные исследования показали, что основными причинами, препятствующими эффективному использованию акватории и прибрежной полосы оз. Святое в рекреационных целях, являются:

- наличие полузатопленного острова, служащего местом гнездования птиц, являющегося источником микробиологического загрязнения озера;
- длительное накопление донных отложений, источником которых является смыл с прилегающей территории и перенос с осадками в виде дождя и снега.

К числу основных источников загрязнителей отнесены:

- частный сектор с неорганизованным поверхностным стоком, расположенный на западном берегу озера;
- остров с мелководьем на акватории озера.

Принимая во внимание результаты исследований и целевое назначение Гребеневского водохранилища (оз. Святое), для восстановления благоприятного состояния водного объекта для использования в рекреационных целях, рекомендуется проведение следующего основного мероприятия:

- ликвидация источника загрязнения поверхностных вод тяжелыми металлами («вторичного загрязнения») и формирования благоприятной среды для развития бактериального загрязнения – острова (с мелководьем), что позволит исключить поступление загрязняющих веществ в воду от неконтролируемого скопления птиц. Ориентировочный объем удаляемого острова с мелководьем составляет 157500 м<sup>3</sup>.

В качестве других мероприятий, направленных на уменьшение негативного воздействия на оз. Святое, рекомендованы:

- организация сбора и очистки поверхностного стока на водосборной территории, в том числе организация и отведение поверхностного стока со стороны частного сектора с устройством набережной вдоль западного берега водоема с соединениями с улицами Симонова и Габровская;

- выполнение водоохраных мероприятий в водосборном бассейне (решение Могилевского городского исполнительного комитета об утверждении водоохраных зон и прибрежных полос). Согласно требованиям Водного кодекса Республики Беларусь существующие на территории водоохраных зон населенные пункты, промышленные, сельскохозяйственные и иные объекты должны быть благоустроены, оснащены централизованной системой канализации или водонепроницаемыми выгребами, другими устройствами, обеспечивающими предотвращение загрязнения, засорения вод,

с организованным подъездом для вывоза содержимого этих устройств, системами дождевой канализации;

- ограничение использования плавсредств с двигателями внутреннего сгорания;

- ликвидация автодрома на северном берегу по улице Симонова;

- периодическое выкашивание высшей водной растительности вдоль береговой линии водоема.

В качестве метода ликвидации острова и очистки от донных отложений наиболее эффективным может служить использование метода гидромеханизации.

#### **Библиографические ссылки**

1. Выполнение оценки современного экологического состояния Гребневского водохранилища в городе Могилев, разработка рекомендаций по его очистке / Отчет о НИР, БГУ, – Минск, 2021 г. – 68 с.

2. Выполнить комплексную оценку экологического состояния озера Святое, разработать рекомендации по его очистке, оценить природный потенциал озера для организации конкретных видов отдыха. Отчет о НИР, РУП «ЦНИИКИВР», – Минск, 2015 г. – 69 с.