

УДК 330.15

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕГИОНЕ

Кожевников Сергей Александрович, кандидат экономических наук, зам. зав. отделом проблем социально-экономического развития и управления в территориальных системах, Вологодский научный центр Российской академии наук

Лебедева Марина Анатольевна, аспирант, Вологодский научный центр Российской академии наук

Аннотация

На основе гидрохимического анализа воды крупных озер Вологодской области выявлено, что для исследуемых водоемов характерно загрязнение воды соединениями меди, железа и трудноокисляемыми органическими веществами. В ходе анализа зарубежного и отечественного опыта очистки воды озер была выявлена необходимость объединения усилий органов власти, субъектов бизнеса, общества для улучшения экологического состояния крупных озер.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидрохимический анализ, фоновое загрязнение, антропогенное загрязнение, Белое озеро, Кубенское озеро, озеро Воже.

ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF WATER QUALITY IN THE REGION

Kozhevnikov Sergey Alexandrovich, Ph.D., Deputy. Head Department of Problems of Socio-Economic Development and Management in Territorial Systems, Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Lebedeva Marina Anatolyevna, post-graduate student, Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Abstract

Based on the hydrochemical analysis of water in large lakes of the Vologda region it was revealed that the water bodies under investigation are characterized by water pollution by copper, iron compounds and hardly oxidizable organic substances. In the course of analysis of foreign and domestic experience in water purification of lakes, the need was identified for combining the efforts of authorities, business entities, and society to improve the ecological status of large lakes.

KEYWORDS: hydrochemical analysis, natural pollution, anthropogenic pollution, White lake, Kubenskoye lake, lake Vozhe.

Введение

Озера как водоемы хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного назначения подвергаются определенной антропогенной нагрузке, что в комплексе с региональными метеорологическими и топографическими условиями влияет на состояние экосистем и их эволюцию. Внутренние процессы, протекающие в озерах в условиях современных антропогенных нагрузок, в значительной мере определяют их эколого-токсикологическое состояние, которое все больше привлекает внимание в связи с рядом эколого-экономических проблем [13, 18, 24].

Восстановить проточное озеро, имеющее большой общий водосборный бассейн, сложно. Однако, если качество воды в таком озере должно быть улучшено из-за его

стратегической роли, эта цель может быть достигнута посредством сложной комбинации технических решений, реализованных как в прибрежной зоне, так и в теле озера [21].

M.G. Hutchins, B. Reynolds, B. Smith, G.N. Wiggans, T.R. Lister [26] выделяют два подхода исследования качественного состава поверхностных вод. Первый подход включает в себя сбор обширных географических данных в конкретный момент времени или за небольшой период, направленных на определение региональных моделей изменения качества воды и выявление районов, подверженных риску загрязнения [27]. Второй подход предполагает сбор данных за большой временной период, но на сравнительно небольшой территории, и определяет особенности динамики химических элементов в воде [25]. Оба подхода одинаково верны, но взаимодействие между учеными, работающими в этих двух областях, позволило бы максимизировать ценность интерпретации данных [26].

В России большинство исследований выполнено в рамках первого подхода. Как правило, это экспедиционные исследования крупного водоема или водосборного бассейна, данные о которых собираются в течение одного года. Наиболее значимыми по оценке качества поверхностных вод, в частности гидрохимическому анализу, являются работы О.А. Алекина [1], Г.Ю. Верещагина [4], В.Т. Комова [12], Б.С. Цыренова [16].

На территории России насчитывается более 2,8 млн. рек, 2,7 млн. озер и 30 тыс. водохранилищ, качественное и количественное состояние воды в которых имеет огромное значение, как для ведения хозяйственной деятельности, так и для устойчивости функционирования сформировавшихся экосистем. Все внутренние воды страны относятся к пяти морским бассейнам [19], водораздел трех из них – Северного (объединяет бассейны морей Белого, Баренцева, Лаптевых и Карского), Каспийского и Балтийского бассейнов находится на территории Вологодской области. Крупные озера территории вышеуказанного водораздела – Воже, Кубенское и Белое – уникальные природные объекты, которые в определенной степени влияют развитие экосистем бассейнов Белого и Каспийского морей, являются источником водоснабжения для многих населенных пунктов и средой обитания большого количества эндемичных видов. Расположение данных озер в похожих географических условиях и значительные антропогенные нагрузки на них позволяют предположить, что закономерности внутриводоемных процессов в этих объектах могут быть близкими.

Результаты многочисленных исследований данных объектов по микробиологическому и гидрохимическому анализу этих озер приведены в исследованиях Института озераведения АН СССР, работах Н.Н. Ляпкина, А.А. Шевелева, Т.И. Малининой

[2;7;10;11]. Однако в настоящее время комплексных гидрохимических исследований по вышеуказанным озерам не проводится.

Цель данной работы – оценка гидрохимического состояния вод озер Белого, Кубенского, Воже и сравнение процессов загрязнения, определяющих формирование качества воды.

Методы исследования

Исследования гидрохимических показателей Белого, Кубенского озер выполнены в 2012 – 2017 гг., озера Воже – в 2012 – 2015 гг. Отбор проб проводился в открытый период. Пробы воды Белого озера отбирались в г. Белозерске, оз. Кубенское – в деревне Коробово, оз. Воже – в селе Чаронда.

Химический анализ воды проводился на базе Вологодского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и федерального государственного бюджетного водохозяйственного учреждения «Вологдаводресурсы» по природоохранным нормативным документам федеративным (ПНД Ф). Для установления превышения предельно допустимых концентраций использовались нормативы качества воды для водоемов рыбохозяйственного назначения [9]. Комплексная оценка качества воды озер проводилась по показателю *удельного комбинаторного индекса загрязненности воды* (УКИЗВ), позволяющему оценить загрязняющий эффект, вносимый в общую степень загрязненности воды, обусловленную одновременным присутствием ряда загрязняющих веществ, и проводить сравнение степени загрязненности воды в различных створах и пунктах при условии различия программы наблюдений [6]. Также были использованы архивные и отчетные материалы, научные публикации по исследуемым водоемам.

Результаты исследования и обсуждение

Гидролого-морфологическая характеристика. Все исследуемые озера являются мелководными [8] и имеют ледниковое или тектоническое происхождение (таблица 1).

Таблица 1. Гидрологические характеристики исследуемых озер

Озеро	Площадь, км ²	Средняя глубина (максимальная глубина), м	Объем, км ³	Происхождение	Площадь водосбора, км ²
Белое	1125-1284	4,1 (20)	5,20	Тектоническое	14000
Воже	416-422	1,5 (5)	1,08	Ледниковое	6260
Кубенское	407-411	2,5 (13)	1,00	Ледниково-тектоническое	14700

Самым крупным из исследуемых объектов – Белое озеро, расположенное на северо-западе Вологодской области и являющееся частью Волго-Балтийского судоходного пути. В

озеро впадает около 40 притоков, самые крупные – Кола, Шола, Ковжа, Куность, а вытекает река Шексна.

Вторым по размеру является озеро Воже – озеро на севере Вологодской области России, принадлежит бассейну Белого моря. Несмотря на большие размеры, озеро мелководно. Озеро Воже имеет 20 притоков, наиболее крупные – Вожега и Модлона, из озера вытекает река Свидь и впадает в озеро Лача.

Третий объект исследования – Кубенское озеро – озеро ледниково-тектонического происхождения на центральном ландшафте Вологодской области, принадлежит к бассейну Белого моря. В открытый период озеро целиком доступно ветровому перемешиванию и, соответственно, не удерживает сколько-нибудь температурной стратификации. В озеро впадает порядка 30 рек, самые крупные из них – Кубена, Уфтюга, Большая Ельма, вытекает река Сухона.

Химический состав воды. На территории области практически все поверхностные воды относятся к группе гидрокарбонатных кальциевых пресных вод малой и средней минерализации. Для исследуемых объектов характерны следующие загрязняющие вещества: трудноокисляемые органические соединения, соединения железа и меди, превышение которых отчасти зависит от природного фона. Основными антропогенными источниками загрязнения исследуемых объектов являются промышленные, бытовые стоки и судоходство.

В воде Белого озера, наблюдаются превышения по показателям ХПК (2,3 – 4,5 ПДК), ионы меди (2,2 – 19,3 ПДК) и железа (4 ПДК) (таблица 2).

Таблица 2. Оценка гидрохимического состояния воды Белого озера

Показатель	Единицы измерения	ПДК рыб. хоз.	2012 г	2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2017 г
O ₂	мг/дм ³	не менее 6	10,7000	11,0533	11,3567	11,4567	11,3300	11,9333
Cl ⁻	мг/дм ³	300	6,9333	2,5333	4,0000	3,4333	3,0667	2,6667
SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	100	63,8667	62,5333	76,3000	64,7000	52,9667	64,5000
ХПК	мгО ₂ /дм ³	15	41,8000	45,9000	35,1000	67,6000	59,3667	64,9333
БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	2	1,6533	1,7500	1,7300	1,7467	1,6933	1,6900
NH ₄ ⁺	мг/дм ³	0,5	0,2167	0,1967	0,2000	0,1967	0,0867	0,0400
NO ₂ ⁻	мг/дм ³	0,08	0,0393	0,0040	0,0057	0,0030	0,0023	0,0030
NO ₃ ⁻	мг/дм ³	40	0,0933	0,1133	0,0467	0,1400	0,0367	0,0133
Fe _{общ}	мг/дм ³	0,1	0,3833	0,2900	0,1900	0,1800	0,3533	0,4833
Cu ²⁺	мг/дм ³	0,001	0,0054	0,0048	0,0059	0,0037	0,0031	0,0031
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,0467	0,0267	0,0000	0,0067	0,0000	0,0233
УКИЗВ	Класс		3б	3а	3б	3а	3а	3б
	Категория		Очень загрязненная	Загрязненная	Очень загрязненная	Загрязненная	Загрязненная	Очень загрязненная

Озеро мезотрофное [5], следовательно, превышение показателя ХПК в определенной степени может быть обусловлено чрезмерным развитием фитопланктона, в частности сине-зеленых водорослей, главным образом, *Aphanizomenon flos-aquae*. Например, летом 2013 года численность фитопланктона составила 9 млн. кл/л, из них сине-зеленые – 5,94 млн. кл/л; в 2015 году аналогичные показатели составили уже 11,26 млн. кл/л, из них сине-зеленые – 9 млн. кл/л.

Одной из особенностей дна Белого озера являются глины, обогащенные медью. Судоходство также способствует привнесению глинистых фракций в воду и переносу меди водной толщей [3], что повышает валовое содержание меди в Белом озере. Также поступление соединений меди и железа осуществляется через притоки озера – реки Кема и Куность. В 2017 году вода данных притоков оценивалась как «очень загрязненная» из-за превышения предельно допустимых концентраций соединений меди, железа, трудноокисляемых органических веществ.

Вода озера Воже имеет среднюю минерализацию (170–270 мг/л), pH = 7,2 – 8,2 по причине распространения на площади водосбора кальциевых и магниевых карбонатных горных пород, способствующих развитию плодородных дерново-карбонатных почв с высоким содержанием гумуса и подвижного фосфора. Более 57% площади озера занимают буровато-серые илы мощностью 10 см с жидким темным наилком с запахом сероводорода. Посредством дренирования реками болотных и сельскохозяйственных угодий гуминовые вещества попадают в воду озера и провоцируют его эвтрофикацию. Как и в случае с Белым озером, в водах озера Воже наблюдается превышение предельно допустимых концентраций по ХПК (4 – 4,8 ПДК), ионам меди (9 – 30 ПДК) и железа (4,7 – 11 ПДК) (таблица 3).

Таблица 3. Оценка гидрохимического состояния воды озера Воже

Показатель	Единицы измерения	ПДК рыб. хоз.	2012 г	2013 г	2014 г	2015 г
O ₂	мгО ₂ / дм ³	не менее 6	9,5933	9,0200	9,5225	9,9300
Cl ⁻	мг/дм ³	300	10,0	10,0	10,0	10,0
SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	100	24,0333	24,9500	29,6000	28,3000
ХПК	мгО ₂ / дм ³	15	65,4000	59,6250	72,9000	72,1000
БПК ₅	мгО ₂ / дм ³	2	1,5400	1,1375	1,4325	1,3400
NH ⁴⁺	мг/дм ³	0,5	0,9433	1,0675	0,8625	0,6130
NO ²⁻	мг/дм ³	0,08	0,0200	0,02	0,02	0,02
NO ³⁻	мг/дм ³	40	0,6250	0,6900	0,4600	0,5510
Fe _{общ}	мг/дм ³	0,1	0,8500	0,8800	0,4750	1,1400
Cu ²⁺	мг/дм ³	0,001	0,0307	0,0205	0,0145	0,0090
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,0110	0,0213	0,0230	0,0080
УКИЗВ	Класс		3б	3б	3б	3б
	Категория		Очень загрязненная	Очень загрязненная	Очень загрязненная	Очень загрязненная

Озеро является мезотрофным [14;17]. Повышенное содержание трудноокисляемых органических веществ обусловлено вымыванием гуминовых веществ из почвы, а также ростом численности фитопланктона в воде. Так, летом 2013 года численность фитопланктона составляла 105 млн. кл/л, а летом 2014 года данный показатель составил 321 млн. кл/л. Также Н.М. Радченко и А.А. Шабунев отмечают зарастание части акватории озера Воже (около 10%) болотной растительностью. Превышение концентраций ионов (1,22–2 ПДК) аммония обусловлено его выносом притокам озера с сельхозугодий.

Кубенское озеро – мезотрофный водоем с признаками эвтрофирования, подвергающийся длительному антропогенному воздействию [11]. Величина pH колеблется от 6,9 до 8,4, вода характеризуется гидрокарбонатным кальциевым составом. Минерализация воды изменяется от 80 до 438 мг/л. Вследствие ветрового перемешивания всей толщи воды, ее стратификации ни по минерализации, ни по температуре не наблюдается.

За весь период мониторинга в воде Кубенского озера наблюдается превышение ПДК по показателям ХПК (2,5–3,6 ПДК), БПК (1,12–1,96 ПДК), соединения меди (3,1–5,7 ПДК) и железа (1,9–6,6 ПДК в 2016 и 2017 годах). В 2012 и 2013 годах в воде наблюдалось недостаточное количество растворенного кислорода (таблица 4).

Таблица 4. Оценка гидрохимического состояния воды Кубенского озера

Показатель	Единицы измерения	ПДК рыб. хоз.	2012 г	2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2017 г
O ₂	мг/дм ³	не менее 6	5,7433	5,6733	8,9233	7,4867	10,4600	9,0500
Cl ⁻	мг/дм ³	300	6,7333	3,5000	23,4333	9,5000	4,0667	3,1000
SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	100	33,0000	73,0667	33,4667	45,7333	47,4667	82,6667
ХПК	мгО ₂ /дм ³	15	37,9000	39,1667	37,0333	52,0667	56,1667	54,1667
БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	2	3,4267	2,2533	2,8800	2,3867	3,9233	2,5300
NH ₄ ⁺	мг/дм ³	0,5	0,2767	0,2367	0,2833	0,0633	0,0533	0,0400
NO ₂ ⁻	мг/дм ³	0,08	0,0083	0,0110	0,0033	0,0537	0,0060	0,0057
NO ₃ ⁻	мг/дм ³	40	0,0300	0,0700	0,2167	0,1733	0,0500	0,0200
Fe _{общ}	мг/дм ³	0,1	0,0733	0,0633	0,0500	0,0800	0,1933	0,6633
Cu ²⁺	мг/дм ³	0,001	0,0057	0,0059	0,0023	0,0031	0,0035	0,0035
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,0400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0700
УКИЗВ	Класс		3б	3б	3а	3а	3б	4а
	Категория		Очень загрязненная	Очень загрязненная	Загрязненная	Загрязненная	Очень загрязненная	Грязная

Повышенное содержание загрязняющих веществ, таких как органические вещества, нефтепродукты, соединения меди и железа обусловлены в большей степени антропогенной нагрузкой. Загрязнение воды озера осуществляется через привнесение загрязняющих

веществ его основными притоками: реками Кубеной, Уфтьюгой и Большой Ельмой [5]. Река Кубена в 2017 году характеризовалась как «грязная» (класс 4а по УКИЗВ) из-за превышения ПДК по показателям ХПК (3,9 ПДК), Fe (4,8 ПДК), Cu (18,6 ПДК), нефтепродукты (2,4 ПДК). Вода реки Уфтьюги на 2017 год оценивалась как «грязная» (класс 4а по УКИЗВ). В воде реки превышены допустимые концентрации по показателям ХПК (4,3 ПДК), железо общее (2,7 ПДК), медь (1,4 ПДК), БПК (1,3 ПДК). Также определенное количество загрязняющих веществ было привнесено рекой Большой Ельмой, состояние которой оценивалось как «очень загрязненная» (3б по УКИЗВ), по причине превышения допустимых концентраций по показателям ХПК (3,6 ПДК), БПК5 (1,0 ПДК), Fe (5,4 ПДК), Cu (2,7 ПДК), нефтепродукты (6,2 ПДК).

Опыт восстановления загрязненных озерных экосистем

Зарубежный опыт свидетельствует, что для сохранения и восстановления пограничных озер необходимо обеспечить международное сотрудничество. Так, для восстановления и поддержания химической, физической и биологической устойчивости вод Великих озер в 2012 году Правительства Канады и США подписали соглашение о качестве вод Великих Американских озер (Great Lakes Water Quality Agreement) [23]. Правительства США и Канады соглашались приложить максимум усилий для сотрудничества в разработке программ, практик и технологий, необходимых для лучшего понимания экосистемы бассейна Великих озер, а также устранения или уменьшения в максимально возможной степени экологических рисков для вод Великих озер.

Со стороны США процесс устранения нарушений полезного использования (Beneficial Using Impairment – BUI) и исключения деградированных участков (Areas of Concern – АОС) Великих озер начинается с научной оценки, проводимой государственными федеральными агентствами для определения степени, в которой полезное использование ухудшается, и типов управленческих действий, необходимых для исправления АОС. После осуществления корректирующих действий руководства государственных органов, Агентства по охране окружающей среды США (United States Environmental Protection Agency – EPA) и других организаций должен быть разработан и реализован план мониторинга и проверки для установления соответствия критериям удаления BUI.

Программы Агентства по охране окружающей среды США в области восстановления и сохранения Великих озер «EPA's Great Lakes» управляют грантами, соглашениями о сотрудничестве и контрактами для финансирования корректирующих действий, направленных на устранение BUI (таблица 5).

**Таблица 5. Финансирование корректирующих действий, направленных на устранение BUI
(Great Lakes Shoreline Cities Grants)**

Субъект	Объект финансирования	Ожидаемый эффект	Финансирование, долл.
Восточный Чикаго (Jeorse Park), штат Индиана	«Зеленая» инфраструктура	Уменьшение воздействия ливневого стока; фильтрация взвешенных веществ; снижение химического и бактериологического загрязнения	175 000
Аштабула (Walnut Beach), штат Огайо	«Зеленая» инфраструктура	Восстановление системы подключенных дюн; очистка ливневых стоков.	175 000
Кливленд (Wildwood Park), штат Огайо	Биореактивные камеры	Очистка ливневых стоков от биологического и химического загрязнения.	175 000
Гурон (Lake Front Park), штат Огайо	«Зеленая» инфраструктура	Фильтрация взвешенных веществ; очистка химического и бактериологического загрязнения ливневых стоков	129 439
Сандаски (Lions Park), штат Огайо	Дождевые сады	Транспортировка, сбор и очистка ливневых стоков	175 000
Вермиллион (Main Street Beach), штат Огайо	«Зеленая» инфраструктура	Очистка ливневых стоков	175 000
Дулут (Park Point), штат Миннесота	Посадка дождевых садов и защитных лесополос, восстановление буферной зоны	Предотвращение поступления в озеро неочищенных ливневых стоков	58 000
Эванс (Evans Town Park), штат Нью-Йорк	Дождевые сады, создание инфильтрационных болотных угодий	Уменьшение бактериологического загрязнения пляжа и предотвращение поступления неочищенных ливневых стоков в озеро.	172 125
Алгома (Crescent Beach Boardwalk), штат Висконсин	Установка инфильтрационных бассейнов, дождевых садов	Предотвращение поступления неочищенных сточных вод в озеро Мичиган	175 000
Ашленд (Maslowski Beach) Висконсин	Увеличение площади пляжей, создание инфильтрационных болотных угодий	Предотвращение сброса неочищенного стока в Верхнее озеро	175 000
Манитовок (Blue Rail Marina Beach), штат Висконсин	«Зеленая» инфраструктура	Улучшение качества воды в прибрежной зоне, предотвратив поступление неочищенных стоков в озеро Мичиган	167 603
Две реки (Neshotah Beach North), штат Висконсин	Создание водно-болотных угодий	Естественная фильтрация сточных вод, уменьшения поступления биогенных элементов	175 000
Уинд-Пойнт (lighthouse-wind point beach), штат Висконсин	Установка биоинфильтрации, озеленение территории	Уменьшение фекального загрязнения предотвращение поступления в озеро неочищенных ливневых стоков	122 691

Агентством по охране окружающей среды была оказана финансовая поддержка корректирующих действий, которая помогла предотвратить поступление почти 50 000 кубических метров неочищенных ливневых стоков.

В 2010 году была создана Инициатива по восстановлению Великих озер (GLRI), предоставляющая значительные ресурсы для восстановления Великих озер. С 2010 по 2014 год на реализацию проектов восстановления Великих озер было потрачено более 2,2 миллиарда долларов. Из этого более 700 миллионов долларов было выделено на проекты, связанные с АОС [22; 23].

Еще одним примером успешного управления качеством озерной пресной воды является Ассоциация водосбережения озера Венерн (Швеция). В 1960-е годы озеро считалось одним из самых грязных по содержанию ртути в воде. На его берегах были размещены целлюлозно-бумажные комбинаты, сбрасывающие значительные объемы волокон и ртути, которая накапливалась в тканях рыб, из-за чего рыбу из озера запретили к употреблению. Также на берегах размещались гидроэлектростанции, из-за плотин которых исчезли многие виды рыбы в Венерне [20].

В 1969 году был принят закон об охране окружающей среды, который стал очень важным для восстановления Венерна. Власть, промышленность и общественность в то же время стали более экологически сознательными. На природоохранные мероприятия и разработку новых технологий были предоставлены правительственные гранты. В промышленности было проведено расширение системы очистки сточных вод, и производственные процессы стали более экологически чистыми. После реализации всех мер состояние Венерна улучшилось. Уменьшились объемы сбросов волокон и сточных вод, а сбросы ртути прекратились, снизилось содержание в воде фосфора, органических веществ, ДДТ (дихлордифенилтрихлорметилметан) и ПХБ (полихлорированные бифенилы), увеличилась прозрачность. Сегодня воду из озера можно пить без очистки. В рыболовной зоне озера Венерн реализуется семь экологических проектов, на реализацию которых Морским и рыбным фондом было выделено 4646216 шведских крон (444948 Евро). С тех пор, как был разработан план сохранения воды, началась работа над Водной директивой ЕС. Приоритетными районами для Венерна являются эвтрофированные заливы и притоки, которые не соответствуют требованиям директивы в отношении приемлемого экологического состояния [20].

В России же основное внимание уделено большим и глубоководным озерам, таким как Байкал, Ладожское и Онежское, и небольшим мелководным, как правило, находящимся в городской рекреационной зоне, например, Лебяжьи озера в Казани (Республика Татарстан). Для глубоководных озер экологические мероприятия осуществляются через экономические и административные инструменты регулирования природопользования с целью снижения антропогенной нагрузки. А для небольших мелководных озер действия по улучшению их

состояния направлены на непосредственное восстановление. Так, в случае с Лебяжьими озерами, была проведена очистка чаши водоема, снята верхняя часть заиленного грунта, для уменьшения стока естественный грунт был перекрыт бентонитом, геомембраной и геотекстилем, заполнение озера происходит через подземную трубу из Изумрудного озера (бывшего Юдинского карьера), а также были произведены работы по благоустройству близлежащего лесопарка. Задачу по восстановлению городских озер поставил Президент Республики Татарстан, заказчиком работ выступил ПАО «Казаньоргсинтез», проектированием занялось АО «Татмелиорация». Полное восстановление каскада озер оценивается в 250 млн. рублей [15].

Заключение

В результате проведенной работы дана оценка качественного состояния воды Воже, Белого и Кубенского озер. По гидрохимическому составу вода исследуемых озер отличается малой и средней минерализацией, кальциевым гидрокарбонатным составом и имеет нейтральную или слабощелочную среду. Основными загрязняющими веществами, характерными для данных озер, являются соединения меди, железа, трудноокисляемые органические вещества. Содержание трудноокисляемых органических веществ и меди превышало допустимые концентрации для водоемов рыбохозяйственного назначения в диапазоне 1,7 – 4,8 и 2,2 – 30 ПДК, соответственно. Кроме превышения концентраций характерных загрязняющих веществ отмечено, что в воде озера Воже за период 2012 – 2015 годов наблюдается превышение норматива по аммонии от 1,22 до 2 ПДК. В Кубенском озере превышение допустимых концентраций загрязняющих веществ обусловлено привнесением загрязняющих веществ притоками озера вследствие оказываемой на них антропогенной нагрузки. Таким образом, вода исследуемых озер оценивается как «загрязненная», «очень загрязненная» и «грязная».

Анализ зарубежного и отечественного опыта позволил установить, что для улучшения гидрохимических показателей воды и состояния экосистемы в целом, необходимы объединенные усилия органов власти, субъектов бизнеса и общества. В США основные меры по восстановлению озер предпринимаются государственными органами, в том числе и в рамках международного сотрудничества. В Швеции совместными усилиями государства, бизнеса и общества удалось значительно улучшить гидрохимические показатели одного из крупнейших озер Европы. В России существующие государственные программы по охране водных объектов разработаны главным образом для крупных и глубоководных озер, мероприятия по восстановлению и сохранению небольших мелководных озер, осуществляются обществом и субъектами бизнеса, как правило, разово и государственных

программ для этих целей нет. В случае с исследуемыми озерами улучшение гидрохимических показателей может быть осложнено отсутствием инициативы со стороны государства, бизнеса и общества, а также значительной площадью озер и их водосборов, привнесением загрязняющих веществ притоками озер, химическими особенностями природных грунтов дна. Для сокращения уровня загрязнения исследуемых озер, обусловленного антропогенной нагрузкой, необходимы меры, направленные на ее уменьшение. Для снижения уровня загрязнения, обусловленного природным фоном, в частности железом и медью, возможно применение организмов, синтезирующих биосурфактанты, для борьбы с чрезмерным развитием цианобактерий целесообразно использование зеленых водорослей хлорелл.

Литература

1. Алекин, О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1953. – 296 с.
2. Антропогенное влияние на крупные озера Северо-Запада СССР. Ч. 1. Гидрология и гидрохимия озера Белого. – Л.: Наука, 1981. – 250 с.
3. Белозерье: краеведческий альманах. Вып. 2. – Вологда: Легия, 1998. – 416 с.
4. Верещагин, Г.Ю. Байкал./ Г.Ю. Верещагин. – Иркутск: Иркутское областное издательство, 1947. – 171 с.
5. Доклад о состоянии и охране окружающей среды в Вологодской области в 2017 году. – Вологда: Правительство Вологодской области, Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области, 2018. – 256 с.
6. Емельянова В.П., Лобченко Е.Е. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов-на-Дону, 2002. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293831/4293831806.htm> (дата обращения – 16.07.2019).
7. Кубенское озеро. Материалы комплексных исследований / под редакцией Малининой Т.И., Распопова И.М. – Ленинград: Наука, 1974. – 31 с.
8. Мякишева, Н.В. Многокритериальная классификация озер./ Н.В Мякишева – Санкт-Петербург: РГГМУ, 2009. – 160 с.
9. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. N 552. URL: <http://pravo.gov.ru> (дата обращения: 15.08.2019).
10. Озерные ресурсы Вологодской области / под ред. Н.Н. Ляпкина, А.А. Шевелева. – Вологда: Вологодский государственный педагогический институт, 1981. – 150 с.

11. Озеро Кубенское. Ч. 2. Гидрохимия. донные отложения, растительные сообщества. – Л.: Наука, 1977. – 220 с.
12. Структура и функционирование экосистем кислотных озер / под редакцией В.Т. Комова. – Санкт-Петербург: Наука, 1994. – 248 с.
13. Социально-экономические проблемы локальных территорий / Т.В. Ускова, Н.В. Ворошилов, Е.А. Гутникова, С.А. Кожевников – Вологда: ИСЭРТ РАН, 2013. – 196 с.
14. Филоненко, И.В. Многолетняя динамика площади зарастания прибрежно-водной растительностью оз. Воже / И.В. Филоненко, А.С. Комарова // Принципы экологии. 2015. Т. 4, № 4. С. 63–72. DOI: <https://doi.org/10.15393/j1.art.2015.4622>
15. Цветкова, М. Новая жизнь Лебязьих озер: как восстанавливали уникальные водоемы Казани // Реальное время: интернет-газета от 04.09.2018. URL: <https://realnoevremya.ru/articles/111556-gruppa-kompaniy-taif-zavershila-vosstanovlenie-sistemy-lebyazhih-ozer> (дата обращения 22.08.2019).
16. Сезонные изменения гидрохимических и микробиологических показателей содового озера Белое (Западное Забайкалье)/ Б.С. Цыренов, Е.Ю. Абидуева, В.Б. Дамбаев, Д.Д. Цыренова, Б.Б. Намсараев // География и природные ресурсы. 2010. №1. С. 54–59.
17. Шабун, А.А. Изменение экосистемы озера Воже в связи с антропогенным воздействием. / А.А. Шабун, Н.М. Радченко – Вологда: ВоГТУ, 2011. – 84 с.
18. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты / Романенко В.Д., Оксик О.П., Жукин В.Н. [и др.].– Киев: Наукова Думка, 1990. – 256 с. URL: <https://ru.b-ok.cc/ireader/2609088> (дата обращения: 16.08.2019).
19. Экономическая география / под редакцией В.И. Видяпина. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 533 с.
20. Asplund L., Bender C., Frid G., Frisk A., Gagner C., Helmers G., Hiljanen P., Kindbom S, Kreuzpointner T., Lothigius K., Nilsson I., Persson J., Riedmüller S., Runedotter Å., Sulander S., Svensson Å., Söderman L., Wallin T., Wetterskog M. *Programmen och pengarna Resultat från landsbygdsprogrammet, havs- och fiskeriprogrammet samt regionaloch socialfondsprogrammet* 2018. Jordbruksverket. Jönköping URL: <https://eufonder.se/download/18.542ae9561681c03b0e24122e/1547040282185/Programmen%20och%20pengarna%20-%20utv%C3%A4rderingsrapport.pdf> (date of the application 20.08.2019).
21. Dunalska J.A., Wiśniewski G. Can we stop the degradation of lakes? Innovative approaches in lake restoration // *Ecological Engineering*. 2016. V.95. P. 714–722. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.017>

22. Great Lakes Shoreline Cities Grants. United States Environmental protection Agency.
URL: <https://www.epa.gov/great-lakes-funding/great-lakes-shoreline-cities-grants> (date of the application 20.08.2019).
23. Great Lakes Water Quality Agreement. United States Environment Protection Agency Great Lakes National Program Office, 2013. – 56 p. URL: https://www.ec.gc.ca/grandslacs-greatlakes/A1C62826-72BE-40DB-A545-65AD6FCEAE92/1094_Canada-USA%20GLWQA%20_e.pdf (date of the application 20.08.2019).
24. Hamilton D.P., Wood S.A., Dietrich D.R., Puddick J. Costs of harmful blooms of freshwater cyanobacteria // *Cyanobacteria: An Economic Perspective*. – Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2013. P. 245–256. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118402238.ch15>
25. Hornung M., Reynolds B., Hatton A.A. Land management, geological and soil effects on streamwater chemistry in upland mid-Wales // *Applied Geography*. 1985. V. 5, № 1. P. 71–80. DOI: [https://doi.org/10.1016/0143-6228\(85\)90007-4](https://doi.org/10.1016/0143-6228(85)90007-4)
26. Hutchins M.G., Reynolds, B., Smith, B., Wiggans, G.N., Lister T.R. Evaluation and interpretation of regional and site-specific hydrochemical data bases for water quality assessment // *Hydrology and Earth System Sciences*. 1999. № 3 (4). P. 565–580. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-3-565-1999>
27. Lahermo P., Väänänen P., Tarvainen T., Salminen R. Suomen geokemikan atlas, osa 3. Ympäristögeokemia - purovedet ja sedimentit. – Espoo: Geological survey of Finland, 1996. – 150 p. URL: http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_020.pdf. (date of the application 20.08.2019).