ИВП РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН «ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ СУШИ»

ИПЭР РАН

Российская Академия Наук

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАМСКОЕ БАССЕЙНОВОЕ ВОДНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
РОСВОДРЕСУРСЫ

МИНЭКОЛОГИИ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЗДОРОВЛЕНИЯ РОССИЙСКИХ РЕК И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

НИЖНИЙ НОВГОРОД
8-14 СЕНТЯБРЯ 2019 ГОДА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН «ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ СУШИ»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЗДОРОВЛЕНИЯ РОССИЙСКИХ РЕК И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Всероссийская научная конференция
с международным участием

г. Нижний Новгород, 08-14 сентября 2019 г.

Сборник научных трудов

Москва, 2019

УДК 556.18
ББК 26.222я5
Н 34

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЗДОРОВЛЕНИЯ РОССИЙСКИХ РЕК И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.
– Сборник научных трудов.– Москва: Студия Ф1, 2019. – 572 с.
ISBN 978-5-6043268-8-6

В настоящий сборник вошли доклады, представленные на Всероссийскую научную конференцию с международным участием «Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения» (г. Нижний Новгород, 08-14 сентября 2019 г.), организованную Научным советом РАН «Водные ресурсы суши», Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН), Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН) при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Российской академии наук, Федерального агентства водных ресурсов, Министерства экологии и природных ресурсов Нижегородской области.

Редакционная группа:
к.г.н. О.П. Авандеева, д.б.н. Е.Н. Бакаева, Р.И. Бедная, д.г.н. А.П. Демин,
к.ф.-м.н. Ю.Е. Казаков, к.г.н. Калугин, к.г.н. Н.В. Кирпичникова,
к.г.н. М.А. Козлова, к.г.н. И.Н. Крыленко, к.г.н. М.В. Михайлова,
д.г.н. Н.М. Новикова, к.г.н. Е.П. Рец, к.т.н. М.И. Степанова, к.г.н. Т.Б. Фащевская

ISBN 978-5-6043268-8-6

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Российской академии наук, 2019

© Авторы докладов, 2019

Бучик С.В., Дмитриева В.А. Гидроэкологические последствия сезонных изменений водности рек в бассейне Верхнего Дона **309**

Вавилин В.А., Локшина Л. Я., Рытов С.В. Использование кинетического изотопного эффекта для оценки значения последовательных и параллельных стадий в анаэробных процессах: общее правило и некоторые исключения **313**

Гильденков М.Ю. Доказательство деградации естественных водных экосистем как условие возмещения вреда, причиненного окружающей среде **319**

Готовцев А.В., Ларина Е.Г. Компьютерное моделирование мощностей источников загрязнения бассейна реки Москвы **322**

Гречушникова М.Г., Ломова Д.В., Ломов В.А., Кременецкая Е.Р., Ефимова Л.Е., Репина И.А. Эмиссия метана на границах «вода-донные отложения» и «вода-атмосфера» в слабопроточном долинном водохранилище **327**

Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Чекмарева Е.А. Современное состояние, источники загрязнения и возможные пути реабилитации Иваньковского водохранилища и его притоков **332**

Даниленко А.О., Георгиади А.Г. Неоднородность химического состава воды по поперечному сечению р. Северная Двина на замыкающем створе и её влияние на оценку ионного стока **337**

Даниленко А.О., Решетняк О.С., Косменко Л.С., Кондакова М.Ю. Увеличение минерализации воды арктических участков рек Западной Сибири в контексте глобальных изменений климата **342**

Даценко Ю.С. Формирование стока органического вещества в реках водосбора Иваньковского водохранилища **347**

Долгов С.В., Коронкевич Н.И., Шапоренко С.И. Климатические и антропогенные изменения диффузного выноса азота и фосфора в Чебоксарское водохранилище с боковым притоком (на примере рек Линды и Кудьмы) **351**

Домнин Д.А. Оценка биогенной нагрузки валовым азотом и фосфором в бассейне реки Западная Двина с использованием математических моделей **356**

Зиновьев А.Т., Папина Т.С., Кудишин А.В., Ловцкая О.В., Дьяченко А.В., Марусин К.В., Носкова Т.В. Экспериментальные исследования и моделирование качества воды для оценки влияния диффузного стока с урбанизированных территорий **359**

Зубков Е.А., Никаноров А.М., Гарькуша Д.Н. Оценка ионного стока подземных вод четвертичного комплекса бассейна Таганрогского залива **365**

Иванов Д.В. Региональные нормативы качества донных отложений водных объектов...**369**

Кашутина Е.А., Ясинский С.В., Сидорова М.В., Нарыков А.Н., Черногубов К.А. Антропогенная нагрузка на водосбор и её учет при оценке выноса биогенных элементов в крупный водный объект (на примере Чебоксарского водохранилища) **374**

Кирейчева Л.В., Яшин В.М., Лентяева Е.А., Тимошкин А.Д. Оценка диффузного загрязнения биогенными веществами с сельскохозяйственных угодий в бассейне реки Яхромы (Московская область) **379**

Кирпичникова Н.В. Методические подходы к оценке и ранжированию источников загрязнения на основе многолетних информационных баз данных **385**

Кирпичникова Н.В., Полянин В.О. Особенности организации мониторинга источников диффузного загрязнения природных вод **389**

Козлова М.А. Использование информационных технологий для оценки токсичности органических ксенобиотиков и прогноза их возможных метаболитов **395**

Кузьмина Ж.В., Черноруцкий С.В. Оценка климатического и гидротехнического воздействия на наземные экосистемы в бассейне Верхней Волги **400**

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕАБИЛИТАЦИИ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕГО ПРИТОКОВ

Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Чекмарева Е.А.
Филиал Института водных проблем РАН Иваньковская НИС, г. Конаково
Irina_Grigorieva@list.ru

Иваньковское водохранилище – первая ступень Волжско-Камского каскада гидроузлов. Полный объём водохранилища при нормальном подпорном уровне (НПУ) 124 м составляет 1120 млн. м^3, площадь водного зеркала при НПУ – 327 км^2, площадь водосбора – 40570 км^2. Водохранилище обеспечивает водой г. Москву, используется для судоходства, обводнения р. Москвы, снабжает водой хозяйственные комплексы, расположенные на территории его бассейна [1].

Цель исследования – изучение влияния различных источников загрязнения на современное состояние качества воды Иваньковского водохранилища и его притоков и выработка рекомендаций по оптимизации их экологического состояния.

Отбор проб воды на химический анализ в 2018 г. и предыдущие годы проводился согласно ГОСТ [2] по сезонам из поверхностного горизонта в постоянных створах наблюдений: д. Рябеево (выше г. Тверь), д. Горохово (ниже г. Тверь), с. Городня и д. Старое Мелково (Верхневолжский плес), д. Безбородово (устье Шошинского плеса), г. Конаково (Средневолжский плес), верхний бъеф Иваньковской ГЭС (Иваньковский плес)). Химический анализ проб осуществлялся в аккредитованной химической лаборатории – Иваньковской НИС (г. Конаково) по аттестованным методикам.

Определение концентрации растворенных форм металлов (железо общее, марганец, цинк, свинец, медь) производилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре AA-6800F (производитель Корпорация SHIMADZU, Япония).

Одновременно с отбором проб на химический анализ проводили отбор проб воды на фитопланктон в соответствии [3].

Для анализа использовались данные натурных исследований за 2008-2015 и 2018 гг.

Исследования показали, что вода Иваньковского водохранилища гидрокарбонатно-кальцево-магниевого состава. Минерализация воды в 2018 г. в волжской ветви водохранилища изменялась от 187 мг/дм^3 (г. Городня, весна) до 246 мг/дм^3 (г. Городня, зима). В замыкающем створе (верхний бъеф Иваньковской ГЭС) значения минерализации варьировали от 136 мг/дм^3 весной до 275 мг/дм^3 летом и зимой и в среднем составляли 225 мг/дм^3. Наиболее минерализована вода (во все периоды года) в Шошинском плесе водохранилища. В зимний период минерализация воды здесь может достигать 406 мг/дм^3, весной – 199 мг/дм^3, летом – 292 мг/дм^3, осенью – 273 мг/дм^3.

Концентрация сульфатов изменяется в створе г. Городня – от 6.6 мг/дм^3 до 18.1 мг/дм^3, в створе Безбородово (Шошинский плес) – от 6.6 мг/дм^3 до 17.6 мг/дм^3; в верхнем бъефе Иваньковской ГЭС – от 6.6 мг/дм^3 до 18.1 мг/дм^3. Диапазон изменения концентраций хлоридов в водохранилище – 3.8 мг/дм^3 - 12.0 мг/дм^3.

Кислородный режим водохранилища в период открытой воды, в основном, благоприятный. В придонных горизонтах дефицит кислорода наблюдается в конце июля-начале августа. Отмечено, что зимой 2018 г. у д. Безбородово (Шошинский плес) содержание растворенного в воде кислорода в поверхностном горизонте составило 7%, а в придонном горизонте падало до нуля.

Межгодовые и сезонные колебания цветности в значительной степени зависят от водности года. Цветность воды водохранилища в большинстве створов наблюдений

в 2018 г. колебалась в интервале 20 - 100° Pt-Co шкалы. Довольно высокие значения цветности воды в весенне-летний период могут быть обусловлены накоплением высоко цветных вод весеннего половодья в период наполнения водохранилища. Наибольшие концентрации органического вещества в воде, измеренные в единицах постоянной Планка (ПО), характерны для весеннего (д. Ст. Мелково – 26.9 мгО/дм^3 и летнего (д. Безбородово – 29.6 мгО/дм^3, Иваньковская ГЭС – 21.8 мг/дм^3 периодов, причём на верхних участках водохранилища его концентрация, в основном, определяется аллохтонной органикой и хорошо коррелирует с показателем цветности вод, в то время как в нижних участках Иваньковского плёса усиливается роль автохтонной органики.

Некоторые исследователи предлагают производить оценку качества воды водоемов по величине БПК$_5$ [4]. В акватории Иваньковского водохранилища величины БПК5 изменялись в 2008-2015 гг. от 1.1 мгО$_2$/дм^3 (Нижневолжский плёс, «чистые воды») до 6.9 мгО$_2$/дм^3 (Шошинский плёс, «очень грязные воды»). За период 2008 - 2015 гг. средние значения БПК$_5$ в створах Иваньковского водохранилища составляли 2.4 - 3.5 мгО$_2$/дм^3. В целом, воды Иваньковского водохранилища по значениям БПК$_5$ можно охарактеризовать как «умеренно загрязнённые».

Самые высокие концентрации нитратов (до 2.8 мг/дм^3) наблюдаются в период наибольшей сработки уровня воды (февраль-март), когда в водохранилище поступает значительное количество обогащённых этими соединениями подземных вод, а потребление этой формы азота экосистемой – минимально. В летне-осенний сезон потребление нитратов экосистемой происходит особенно интенсивно, что резко снижает их концентрацию в воде (0.17-1.3 мг/дм^3), за исключением створа Безбородово, где осенью 2018 г. концентрации достигали 3.5 мг/дм^3.

За период наблюдений с 2008 по 2015 гг. средние концентрации фосфора общего по акватории Иваньковского водохранилища составляли 0.056 - 0.069 мгР/дм^3, что соответствовало категории «эвтрофных» вод.

Малые реки служат индикаторами экологического неблагополучия водосборной территории более крупного водоема, в частности Иваньковского водохранилища, и могут оказывать влияние на качество вод, особенно в устьевых участках.

К малым притокам Иваньковского водохранилища относят правобережные – реки Дойбицу, Донховку, Инюху, Сучок, Терехову, Торопку и левобережные – Созь, Оршу. Для притоков Иваньковского водохранилища характерно изменение величины pH от 7.0 до 8.7 единиц, с максимальными значениями в приустьевых участках летом (рр. Дойбица, Донховка, Терехова). Вода малых притоков Иваньковского водохранилища относится к гидрокарбонатно-кальциево-сульфатно-магниевому типу (диапазоны концентрации: 48.8 - 335.6; 11.2 - 94.8; 6.5 - 43.7; 4.1 - 42.0 мг/дм^3 соответственно), с примесями хлоридов (3.0-40.0 мг/дм^3, натрия и калия (0-27.8 мг/дм^3). Региональной особенностью притоков Иваньковского водохранилища является высокое содержание железа общего (до 1.27 мг/дм^3, р. Дойбица) и марганца (до 0.59 мг/дм^3, р. Сучок). Для рек характерна высокая мутность 8.8 мг/дм^3 в р. Дойбице, 16.6 мг/дм^3 в р. Сучок, 37.4 мг/дм^3 в р. Созь. Значения цветности и перманганатной окисляемости достигают соответственно 275 градусов Pt-Co шкалы (р. Дойбица) и 46.4 мгО/дм^3 (р. Созь). Для химического состава природных вод малых притоков Иваньковского водохранилища характерны высокие концентрации нитратов (до 6.5 мг/дм^3, р. Торопка) и фосфатов (до 0.808 мг/дм^3, р. Торопка). Минерализация рек достигает 549 мг/дм^3 (р. Дойбица). Для левобережных притоков Орши и Сози характерны высокая цветность и перманганатная окисляемость. Им свойственна низкая минерализация (до 82 мг/дм^3) по сравнению с другими притоками, а также невысокие концентрации минерального азота (до 0.79 мг/дм^3), фосфатов (0.022 мг/дм^3). Показатель содержания легкоразлагаемого органического вещества (БПК$_5$) в воде малых рек – менее 5 мг О/дм^3.

Качество воды в Иваньковском водохранилище в последние годы по индексу УКИЗВ

соответствует классу «загрязненная» или «очень загрязненная», а на некоторых участках акватории в районах городов Тверь и Конаково, в устье Шошинского плеса, в устье некоторых малых притоков – «грязная».

Анализ концентраций растворенных форм металлов (железо общее, марганец, цинк, свинец, медь) показал, что наибольшие концентрации железа общего и марганца в воде Иваньковского водохранилища отмечаются весной, когда происходит его наполнение после сработки уровня и поступают болотные воды с водосбора. Максимальные концентрации цинка, свинца, меди в замыкающем створе отмечены летом, в створе Безбородово – зимой и летом. Диапазоны изменения концентраций тяжелых металлов в воде Иваньковского водохранилища представлены в табл. 1.

Таблица 1. Концентрации растворенных форм металлов и нефтепродуктов (мг/дм^3) в Иваньковском водохранилище по сезонам 2018 г., (числитель – min-max, знаменатель – среднее значение)

	Железо общее	Цинк	Свинец	Медь	Нефте-продукты
Выше г. Тверь	0.04-0.39 / 0.21	0.0104-0.069 / 0.0297	0.0054-0.0189 / 0.0106	0.0018-0.0057 / 0.0043	0.004-0.025 / 0.014
Ниже г. Тверь	0.11-0.39 / 0.24	0.0058-0.0220 / 0.0163	0.0081-0.0231 / 0.0143	0.0013-0.0037 / 0.0035	0.0010-0.0320 / 0.009
Иваньковское вдхр.	0.03-0.63 / 0.21	0.0075-0.2193 / 0.0369	0.0011-0.0335 / 0.0113	0.0022-0.0120 / 0.0052	0.0-1.0 / 0.056

Наиболее часто применяемый в гидробиологии критерий загрязнённости воды – индекс сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека [5, 6], характеризующий степень усвояемости и распада органических веществ в воде. Величина индекса сапробности в воде Иваньковского водохранилища в течение года изменялась в небольшом диапазоне – от 1.6 до 2.0; в воде р. Волги на участке выше г. Твери – до 2.3.

По степени органической нагрузки преобладали β-мезосапробы. Доля этих организмов составляла в районе исследования 44 - 48% от общего числа таксонов, для которых известна приуроченность к определённой зоне сапробности. Была высока доля организмов-показателей чистых вод (олигосапробов) – 19 - 23 %, что свидетельствует об удовлетворительной экологической обстановке. Доля показателей грязных вод (полисапробов) составляла 9 - 11 %.

Индекс Шеннона [7], который характеризует видовое разнообразие сообществ фитопланктона, изменялся на исследуемом участке в большом диапазоне: 2.3 - 5.5 в р. Волге (до г. Твери) и 2.1 - 4.9 – в Иваньковском водохранилище. Чем выше значения данного индекса, тем более разнообразна и устойчива экосистема. Постепенное снижение индекса Шеннона наблюдалось от г. Старицы (незарегулированный участок верхней Волги) к верхнему бъефу Иваньковской ГЭС.

Количественная оценка изменения антропогенной нагрузки на водоохранную зону и водосборный бассейн Иваньковского водохранилища за многолетний период проводилась по материалам [8-11] и статистической отчетности по форме 2ТП (водхоз).

Иваньковское водохранилище относится к бассейну верхней Волги. Площадь водосборного бассейна верхней Волги от истока до Рыбинского водохранилища составляет 95892.53 км^2 (по данным 2017 г.); численность населения – 1 650 832 человек.

Количественно оценить антропогенную нагрузку на акваторию водохранилищ можно с использованием формулы, предложенной Г.А. Фруминым [12]:

$$K=-0.97+0.901*lgPD, \quad (1)$$

где PD – плотность населения в городе (чел/км^2).

В этом случае показатели антропогенной нагрузки на акваторию Иваньковского водохранилища с плотностью населения в 1369.37 чел/км^2 за 2005 и 2017 г. составят

1.90 и 1.87 единиц, соответственно. Это ниже показателей антропогенной нагрузки на акваторию Угличского (1.68 и 1.57 ед.) и Рыбинского (0.75 и 0.69 ед.) водохранилищ [13]. Такая оценка не учитывает влияния антропогенных факторов на водоохранные зоны и возможные техногенные нагрузки, но может использоваться при сравнительном анализе водоемов.

Число стационарных источников водосборного бассейна верхней Волги, имеющих выбросы в атмосферу, снижается, однако с 2008 по 2017 гг. увеличивается доля выбросов от стационарных источников (86.165 тыс. тонн в 2017 г.). В состав выбросов в 2017 г. входят следующие загрязняющие вещества: твердые вещества (5.547 тыс. тонн), газообразные и жидкие вещества (103.69 тыс. тонн), диоксид серы (1.863 тыс. тонн), оксид углерода (20.5 тыс. тонн), оксид азота (17.997 тыс. тонн), углеводороды (45.771 тыс. тонн), летучие органические соединения - ЛОС (4171.06 тыс. тонн) и прочие вещества (3.05 тыс. тонн).

Эффективность работы очистных сооружений невысока, они улавливают и обезвреживают 46% выбросов, поступивших на очистку.

Посевные площади ($S_{пос.}$) сельскохозяйственных земель на исследуемой территории неуклонно уменьшаются (с 2012 по 2017 гг. – на 7.7 км^2); в среднем они занимают 156.9 км^2 на территории верхней Волги. Ежегодно наблюдается тенденция к снижению количества вносимых минеральных удобрений, что связано с сокращением посевных площадей сельскохозяйственных организаций. В Конаковском районе Тверской области, расположеннном на берегу Иваньковского водохранилища, вносят под посевы от 500 до 800 т минеральных удобрений. Поголовье скота в регионе за период с 2008 по 2017 гг. возросло в 1.5 раза.

Объем забора воды из поверхностных источников на исследуемом участке водосборной территории верхней Волги увеличился с 2010 г. к 2015 г. на 261.8 млн.м^3 и составляет 2054.6 млн.м^3 (2015 г.). Средний показатель водоотведения на водосборной территории верхней Волги Intel Russia – 1476 млн. м^3 (по данным 2015 года).

В настоящее время в Тверской области имеется 13 крупных водопользователей, которые сбрасывают непосредственно в р. Волгу и ее притоки до 135 млн. м^3 воды в год и один водопользователь, сбрасывающий 1124 млн. м^3 воды – Intel Russia (филиал ПАО «ЭНЕЛ РОССИЯ» – «Конаковская ГРЭС») [11]. Непосредственно в береговой зоне Иваньковского водохранилища, согласно данным 2ТП (водхоз) расположено 17 водопользователей, сбрасывающих сточные воды в водохранилище (по состоянию на 2017 г.). Объем поступающих сточных вод за год составляет 24375.7 тыс. м^3.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что формирование качества воды поверхностных водных объектов в бассейне происходит под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. К последним относятся: недостаточно очищенные (из-за неэффективной работы очистных сооружений) сточные воды расположенных по берегам промышленных, сельскохозяйственных предприятий и коммунальных хозяйств населенных пунктов; подогретые воды, отводимые Конаковской ГРЭС в Мошковический залив Иваньковского водохранилища; диффузионный сток с сельскохозяйственных и селитебных территорий; неорганические и органические удобрения, вносимые на сельскохозяйственные поля и дачные участки; выбросы в атмосферу промышленных предприятий; рекреация; маломерный флот; дачно-коттеджная застройка водоохранных зон, которые в последние десятилетия практически утратили свою водоохранную функцию, и другие.

Со сточными водами в водоемы и водотоки поступают: хлориды, сульфаты, взвешенные вещества, легкоокисляющиеся органические вещества по $БПК_{полн}$ и $БПК_5$, органический и минеральный фосфор, аммонийный и нитратный азот, нефтепродукты, СПАВ, медь, цинк, никель, хром.

Для Иваньковского водохранилища характерно высокое содержание окрашенного

органического вещества гумусовой природы, что определяется природными свойствами водосбора, в частности, высокой степенью заболоченности территории. По результатам исследований в воде наблюдаются высокие концентрации марганца и высокие значения $БПК_5$. Основная доля загрязняющих веществ, поступающих от антропогенных источников, приходится на сульфаты, хлориды, взвешенные вещества и биогены.

По значениям индекса сапробности по фитопланктону качество воды в р. Волге до г. Твери и в Иваньковском водохранилище соответствует 3-ему классу и классифицируется как «умеренно-загрязнённое». По таксономическому составу преобладают β-мезосапробы, что характеризуется интенсивной минерализацией органических веществ, при этом преобладают процессы окисления и нитрификации.

Иваньковское водохранилище в данный момент является «эвтрофным». Для улучшения его экологического состояния необходимо принятие реабилитационных мер, направленных на уменьшение поступления в водоем загрязняющих веществ и, прежде всего, азота и фосфора, которые являются лимитирующим фактором развития фитопланктона. Необходима модернизация очистных сооружений и ливневой канализации на территории г. Твери, Конаково и поселков по берегам водохранилища и его притоков, залужение водоохранных зон, обустройство рекреационных зон, перераспределение потоков отдыхающих, ограничение развития животноводства в пределах водоохранных зон, жесткий контроль за соблюдением водопользователями природоохранного законодательства и т.д.

Работа выполнена в рамках темы № 0147-2019-0002 (№ государственной регистрации АААА-А18-118022090104-8) Государственного задания ИВП РАН.

Литература

1. Основные правила использования водных ресурсов Иваньковского водохранилища на реке Волге. Москва, 1983 (РВ-257-83).
2. ГОСТ 3161-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». М.: Стандартинформ, 2013. 32 с.
3. Кузьмин Г.В. Фитопланктон. Видовой состав и обилие // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 73–87.
4. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: Справочные материалы. М.: Эколайн, 2000. С. 8–16.
5. Pantle F. Die Biologische berwachung der Gew sser und die Darstellung der Ergebnisse / Pantle F., Buck H. // Gas- und Wasserfach. 1955. Bd. 96. H. 18. 604 s.
6. Sladecek V. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol. 1973. №3. 218 p.
7. Shannon C.B., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. - Urbana (Illinois): Univ. of Illinois Press, 1963. 345 p.
8. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/, (дата обращения: 20.10.2018 г.).
9. Научно-популярная энциклопедия «Вода России». [Электронный ресурс]. URL: http://www.water-rf.ru/, (дата обращения: 20.10.2018 г.).
10. Государственный водный реестр [Электронный ресурс] // URL: http://www.textual.ru/gvr/, (дата обращения: 04.06.2017 г.).
11. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2017 году» // Государственный доклад. – Тверь: Министерство природных ресурсов и экологии Тверской области. 2018. 186 с.
12. Фрумин Г.Т. Оценка состояния водных объектов и экологическое нормирование. СПб.: Синтез, 1998. 96 с.
13. Кирпичёв И.А., Григорьева И.Л. Исследование влияния коттеджной застройки береговой зоны Иваньковского водохранилища на качество воды водоема//Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». Естественные и инженерные науки. 2018. №1 (38). С. 19-25.