

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ЭКОСИСТЕМУ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Савкин В. М., Двуреченская С. Я.

INFLUENCE OF LONG-TERM COMPLEX USE OF WATER RESOURCES ON THE ECOSYSTEM OF THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR

Savkin V. M., Dvurechenskaya S. Ya.

Аннотация

Введение: в бассейне Верхней Оби в настоящее время функционирует многоотраслевой водохозяйственный комплекс, основными участниками которого являются хозяйственно-питьевое, промышленное, сельскохозяйственное водоснабжение и энергетика. Многолетнее использование водных ресурсов Новосибирского водохранилища, наряду с положительными аспектами, имело ряд негативных последствий для сложившихся водных экосистем, при этом экосистема собственно водохранилища оказывалась под воздействием антропогенной нагрузки, что не могло не отразиться на ее функционировании.

Цель исследования: анализ многолетней водохозяйственной обстановки в бассейне Верхней Оби для выработки рекомендаций по управлению и рациональному использованию водных ресурсов водохранилища. **Результаты:** приведены основные характеристики, цели создания и использования водных ресурсов Новосибирского водохранилища — единственного искусственного водоема на р. Оби. В результате выполнения исследований и обобщения многолетних результатов изложены особенности гидрологического и гидрохимического режимов этого крупного водоема, рассматриваемого как источник водоснабжения и получения питьевой воды нормативного качества. Показана социально-экономическая роль водохранилища в развитии хозяйства региона. Отмечены его «болевы точки», связанные с малым полезным объемом и необходимостью трансформации волн половодья и дождевых паводков для исключения процессов подтопления территории г. Новосибирска. Выявлен усиливающийся антропогенный пресс на водные ресурсы водохранилища, в том числе развитие негативных процессов: продолжающаяся переработка берегов, повышенное содержание в воде некоторых химических соединений, посадки уровней воды ниже плотины ГЭС. Указана позитивная роль водохранилища в обеспечении судоходной обстановки на участке р. Оби от г. Новосибирска до устья р. Томи. Установлены лимитирующие факторы для водохозяйственной ситуации в маловодные годы и сезоны, обусловленные межленным стоком реки. **Практическая значимость:** даны рекомендации по улучшению водно-экологической и водохозяйственной обстановки на р. Верхней Оби.

Ключевые слова: водохранилище, водопользование, водоснабжение, уровень, регулирование стока.

Введение

В бассейне р. Верхней Оби в настоящее время функционирует многоотраслевой водохозяйственный комплекс, основными участниками

Introduction: a multiple-use water management complex is currently functioning in the Upper Ob River basin. Drinking, industrial, agricultural water supply and energetic are the main participants in it. The long-term use of water resources of the Novosibirsk reservoir along with positive aspects had a number of negative consequences for the existing water ecosystems, while the ecosystem of the reservoir itself was affected by anthropogenic pressure, which could not be reflected on its functioning. **Purpose of the study:** analysis of the long-year water management situation in the Upper Ob basin to develop recommendations for the management and rational use of water resources in the reservoir. **Results:** the main characteristics, purpose of construction and use of water resources of the Novosibirsk reservoir — the only artificial reservoir in the Ob River basin — are discussed. As a result of the analysis and generalization of long-term investigation the features of the hydrological and hydrochemical regimes of this large reservoir, considered as a source of water supply and drinking water of normative quality, are described. The socio-economic role of the reservoir in the development of the region's economy is shown. Its "pain points" associated with a small useful volume and the need to transform flood waves and rain floods to exclude processes of flooding the territory of the city of Novosibirsk are noted. An intensified anthropogenic press on the water resources of the reservoir, including the development of negative processes: the ongoing processing of shores, increasing the concentrations of some chemicals in water and the recession of water levels below the dam of the hydroelectric power station has been identified. The positive role of the reservoir in ensuring the navigable situation on the area of the Ob River from Novosibirsk to the mouth of the Tom River is indicated. The limiting factors for water management in low-water years and seasons, due to the low flow of the river are established. **Practical relevance:** recommendations for improving the water-ecological and water management situation on the Upper Ob are given.

Keywords: reservoir, water use, priority water supply, water level, run-off control.

в котором являются хозяйственно-питьевое, промышленное, сельскохозяйственное водоснабжение и энергетика. Многолетнее использование водных ресурсов Новосибирского водохранили-

ща, наряду с положительными аспектами, имело ряд негативных последствий для сложившихся водных экосистем, при этом экосистема собственно водохранилища оказывалась под воздействием антропогенной нагрузки, что не могло не отразиться на ее функционировании [1].

Избежание рисков в водопользовании связано с гарантированной устойчивой обеспеченностью водой всех участников водохозяйственного комплекса и в первую очередь питьевого водоснабжения. По Новосибирской области приоритеты в использовании водных ресурсов водохранилища расставлены следующим образом: лидирующими отраслями по водозабору являются хозяйственно-питьевое водоснабжение и промышленность при относительно небольшом потреблении воды сельским хозяйством для орошения. В последние годы XX в. в Новосибирской области ежегодно использовалось 791,57 млн м³ пресной воды, из них: поверхностных вод — 734,72 млн м³, подземных — 56,85 млн м³. Из общего количества забранной пресной воды на производственные нужды затрачено 425,58 млн м³ на хозяйственно-питьевые — 243,72 млн м³, на орошение и обводнение — 65,42 млн м³. В среднем для водоснабжения хозяйственно-питьевого назначения ежегодно в г. Новосибирске и области расходуется 243,9 млн м³ поверхностных и подземных вод. По городам и районам области удельное водопотребление существенно варьирует в связи с природными и хозяйственными факторами. Максимальное его значение в городах Бердск — 335 л/чел.сут, Искитим — 326 л/чел.сут, Новосибирск 296 л/чел.сут; минимальное в районах области: Купинском, Северном, Кыштовском, Чулымском и Венгеровском составляет от 12 до 18 л/чел.сут. Анализ внутригодового распределения стока в р. Оби до и после создания Новосибирского водохранилища, выполненный авторами настоящей статьи [2], показал, что наиболее существенные изменения в стоке р. Оби произошли на участке от г. Новосибирска до г. Колпашево. Они соответствуют водно-балансовым характеристикам водохранилища и определяются режимом регулирования его полезного объема.

Водоохранилище в среднем аккумулирует 13,4 % притока, в зависимости от водности года это соотношение изменяется от 9 до 18,5 %, но

даже такое неглубокое сезонное регулирование стока вызвало снижение расходов воды в апреле–мае на 29 % от естественных, что позитивно повлияло на хозяйственные и природные условия нижнего бьефа. Сток в декабре–марте увеличился и составляет 112–120 % от естественного. Влияние водохранилища на экосистемы прослеживается на протяжении реки до г. Колпашево (600 км), где сток в декабре–марте составляет 104–132 % естественного, в остальное время 82–96 % [3]. Это позволяет уменьшить дефицит водных ресурсов в период зимней межени и оказать положительное влияние на условия существования сформировавшихся водных экосистем.

Влияние использования водных ресурсов водохранилища на водно-экологические условия существования экосистем

Наличие в бассейне существующих и создание перспективных водохранилищ может повлиять на водные экосистемы Средней и Нижней Оби. Так, максимальные расходы у г. Колпашево понизятся на 25 %, а минимальные возрастут более чем в 2 раза. Представилась бы реальная возможность перераспределить сток как внутри года, так и в многолетнем разрезе. При этом доля весеннего стока уменьшится в годы различной водности с 64–72 до 37–50 %, сток зимней межени увеличится с 8–12 до 25–32 % [4], что снизит высоту затопления в период половодья и позитивно повлияет на наземную экосистему, а также увеличит сток зимней межени и снизит угрозу заморных явлений для водных экосистем мелководья и пойменных озер.

В случае создания водохранилищ на р. Катунь максимальные расходы р. Оби у г. Барнаула понизились бы в 1,5 раза, а минимальные увеличились бы в 4 раза. При этом во внутригодовом распределении стока возросла бы доля межени: летне-осенней на 6 %, зимней на 17 %. Сток весеннего половодья уменьшился бы в многоводные годы на 16 %, в средние по водности — на 21 %, в маловодные — на 23 %. Зимние расходы р. Оби у г. Новосибирска увеличились бы на 200–250 м³/с, или на 40–50 % от гарантированных.

При создании Каменского водохранилища сток р. Оби до створа Новосибирского гидроузла во внутригодовом разрезе значительно выравнивается — максимальные расходы уменьшаются почти в 3 раза, а минимальные увеличиваются

в 5 раз. Весеннее половодье уменьшится с 74,4 до 34,5 % в средние по водности годы, с 71 до 41 % в многоводные. Сток летней межени увеличился бы в многоводные годы на 6 %, в средние и маловодные до 12 %, сток зимней межени возрос бы с 5–7 до 30–34 %.

В случае строительства Крапивинского гидроузла расходы р. Томи в период зимней межени в нижнем бьефе с обеспеченностью 50 % увеличились бы в 5 раз, а 95 % обеспеченности возросли бы с 50 до 500 м³/с. Максимальные расходы снизились бы в 1,5 раза, а во внутрigoдовом распределении стало бы характерно уменьшение на 20–40 % весеннего половодья, на 20–25 % увеличение зимней межени, на 12–15 % летне-осенней.

При создании водохранилищ наибольшее распространение среди внутриводоёмных процессов получают течения, связанные с развитием ветрового волнения. Определяющей в развитии волн будет скорость ветрового потока над водной массой. Над обширными акваториями равнинных и на плесовых участках предгорных водохранилищ скорость ветра в 1,5 раза выше, чем на реках, при этом происходит перераспределение повторяемости ветра по скоростям. Так, на Новосибирском водохранилище ветры со скоростью до 5 м/с имеют повторяемость над водой 40–50 %, в береговой зоне до 70–80 %, со скоростью 10 м/с и более — соответственно 6–8 и 3–4 %. Для равнинных и озеровидных участков предгорных водохранилищ характерен разворот «розы» ветров до 22°, а в отдельных случаях до 45°, что связано с пониженной шероховатостью подстилающей поверхности.

Ветровое волнение — фактор, нехарактерный для речных условий. Волнообразование на водохранилищах определяется скоростью ветра, длиной разгона и глубинами, а также конфигурацией берегов и рядом других факторов. На Новосибирском водохранилище скорость ветра ЮЗ четверти достигает 30 м/с, при этом высота волны в озеровидной части может достигать 3,3–3,5 м. Наибольшую повторяемость над водохранилищем имеют ветры со скоростью 8 м/с, при которых высоты волн составляют 0,8–1,0 м. На водохранилище при волнении возникают прямые и обратные течения в прибрежной зоне, однако даже при значительном изменении скоростей

ветра от 2,5 до 14 м/с и высот волн от 0,4 до 1,2 м абсолютные величины скоростей течения изменяются в небольших пределах: поверхностные от 0,1 до 0,3 м/с, придонные от 0,05 до 0,1 м/с. Это снижает размыв ранее сформировавшихся аккумулятивных отложений, защищающих берега и выполняющих защитные функции для наземных экосистем.

Условия развития ветрового волнения на водохранилище существенно различаются в его верхней, средней и нижней частях. В наиболее глубоководной нижней части повторяемость волн с высотой до 1,0 м составляет около 88 % от продолжительности безледоставного периода, волн с высотой 1,0–2,0 м — свыше 30 %, волн с высотой 3,0 м и более — около 1 %,

Твердый сток на водохранилищах формируется в результате переносимых рекой наносов, переработки берегов и воздействующих волновых течений. На протяжении 30 км нижнего бьефа Новосибирского водохранилища годовое содержание взвешенных веществ, в сравнении с р. Обью в естественном состоянии, снизилось в 3 раза, а годовой расход — в 3,5 раза. Ниже по течению в 600 км от водохранилища изменение твердого стока уже незначительно в сравнении рекой в естественном состоянии.

Водные запасы сибирских водохранилищ формируются в основном за счет весеннего половодья, но в отдельные годы, в зависимости от водности и характера весенне-летнего периода, имеются особенности, что во многом определяет условия существования и развития водных экосистем. Основной объем воды поступает в Новосибирское водохранилище в мае–июне, в отдельные годы — в апреле и июле. Накопление воды в водохранилище составляет: апрель — 8,9 %, май–июль — 58,6 %, август — 9,6 %, сентябрь–октябрь — 12,5 %, ноябрь–март — 10,8 % от общего объема притока р. Оби. Максимальные сбросы воды в нижний бьеф происходят также в мае–июне: в мае — от 11 до 26 %, в июне — от 12 до 24 % от общего годового расхода воды. В зависимости от водности года величина притока и сброса в мае–июне может изменяться в широких пределах: по притоку от 22,4 км³ в многоводный и до 8,6 км³ в маловодный год, по сбросам соответственно от 18,6 до 5,8 км³ в год [5].

Уровненный режим Новосибирского водохранилища в течение года характеризуется тремя основными фазами. Первая — интенсивное повышение уровня воды в результате заполнения водохранилища стоком весеннего половодья. В зависимости от особенностей весеннего периода подъем уровня осуществляется по двум типовым кривым, в один или два этапа. Подъем уровня в течение одного этапа характерен для многоводного весеннего периода и особенно первой волны половодья, при этом наполнение водохранилища осуществляется довольно быстро (18–20 сут), скорость подъема уровня составляет от 18 до 28 см/сут. При двухстадийном подъеме на первой стадии осуществляется интенсивный подъем уровня (до 20 см/сут), на второй — подъем замедляется до 5–10 см/сут. Средняя продолжительность наполнения достигает 47 сут, но в отдельные годы срок наполнения может быть значителен (1963 г. — 85 сут, 1997 г. — 137 сут). Кроме того, в период первой фазы подъема уровня при наполнении водохранилища его величина часто достигает форсированных отметок НПУ, а общий подъем уровня — 5,2–5,5 м. Вторая фаза — летняя стабилизация уровня на отметке НПУ и кратковременные его повышения на 0,2–0,5 м. Продолжительность этой фазы колеблется в широких пределах и зависит от водности года и режимов работы ГЭС, водохозяйственной обстановки в нижнем бьефе. В отдельные годы уровень на отметках НПУ сохраняется до конца декабря, и продолжительность его стояния превышает 200 сут, а иногда длительность этой фазы сокращается до 1 месяца и менее (в 1997 г.). Третья фаза — понижение уровня воды при осенне-зимней сработке водохранилища. В зависимости от приточности скорость снижения уровня изменяется от 1 до 5 см/сут, а общая продолжительность сработки составляет 190 сут или в среднем около 50 % от продолжительности цикла годовых колебаний уровня воды в водохранилище [6]. В различные годы уровненный режим может отличаться как по продолжительности основных фаз, так и по срокам их начала и окончания.

Крайне неблагоприятным последствием создания крупных водохранилищ в Сибири, вызванным изменением термического режима, является незамерзающая полынья в нижнем бьефе, способствующая образованию туманов. Наличие

полыньи приводит к возникновению многих проблем: повышение испарения и увеличение дней с туманами; нарушение сложившихся транспортных связей в зимнее время по льду реки; изменение количественного и видового состава экосистемы гидробионтов; нарушение гидрологических и гидрогеологических условий хозяйственного использования водозаборов. Пониженные температуры воды в нижних бьефах водохранилищ в летнее время неблагоприятно сказываются на условиях рекреации.

Отепляющее влияние водохранилища на реку ниже плотины в зимний период вызывает образование незамерзающей полыньи, протяженность которой в отдельные годы изменяется от 50 до 250 км. На мелководном Новосибирском водохранилище протяженность полыньи в нижнем бьефе не превышает 30 км, а в наиболее холодный период (декабрь–февраль) полынья практически отсутствует.

Особенности изменения гидрологического режима водохранилища в многолетнем аспекте влияют на формирование водных и околородных экосистем, определяющих процессы эвтрофирования водоема, его биопродуктивность, гидрохимический режим и качество воды в отдельные годы и сезоны [7]. В настоящее время наблюдается значительное сокращение продолжительности стабилизации уровня воды на отметке НПУ, которая в отдельные годы была в 3 раза меньше среднемноголетней величины. За время эксплуатации водохранилища сработка уровня воды ниже УМО перед весенним наполнением наблюдалась в 32 годах из 52. В начальный период понижение уровня воды ниже УМО (кроме экстремально маловодных двух лет — 1981 и 1982 — когда сработка уровня составила 1,28 и 1,9 м соответственно) носило эпизодический характер, а в последние годы происходит практически ежегодно. В 2012 г. сработка ниже УМО составила 1,56 м, в 2013 г. — 0,37 м. К сожалению, в готовящемся нормативном документе «Правила использования водных ресурсов водохранилища Новосибирской ГЭС», разрабатываемом АО «Ленгидропроект», сработка уровня воды ниже УМО утверждена нормативно.

На рис. 1 приведены гидрологические характеристики Новосибирского водохранилища в многоводном 2016 г. Такие показатели гидро-

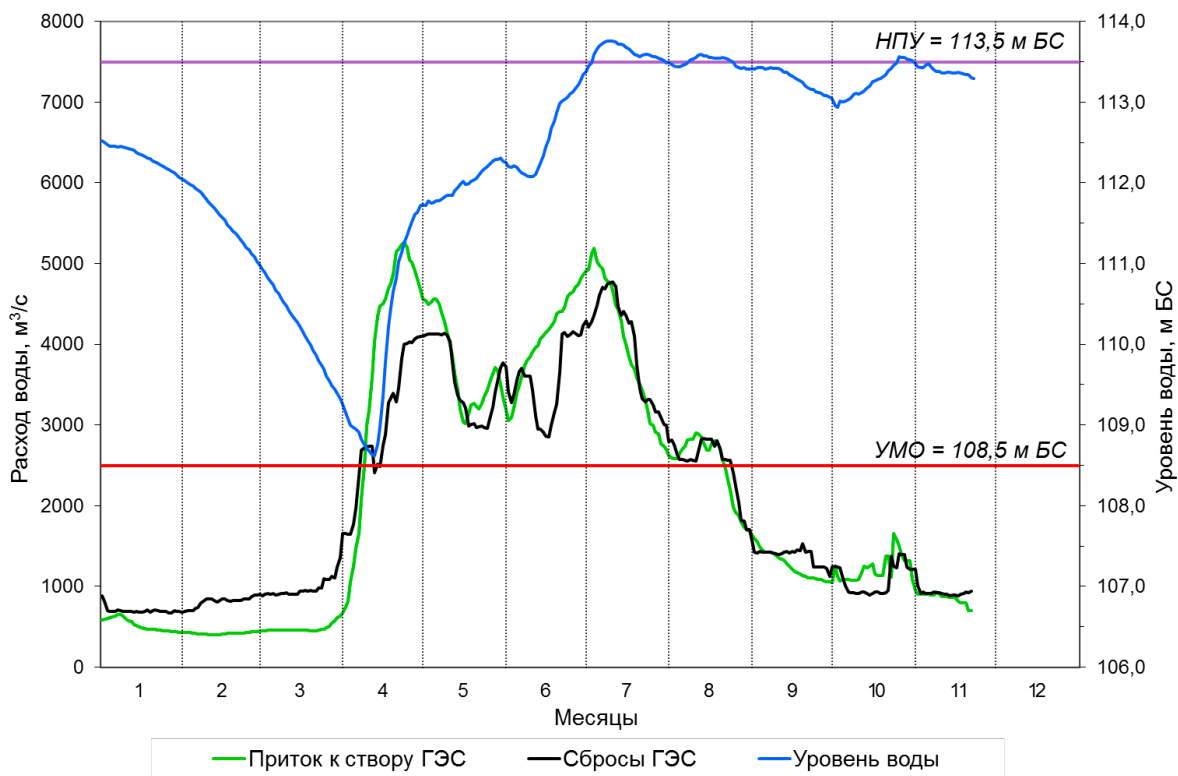


Рис. 1. Гидрологические характеристики Новосибирского водохранилища в многоводном 2016 г.

логического режима типичны для многоводных лет.

Особенности уровня режима в сочетании с гидрометеорологическими характеристиками района водохранилища во многом предопределили развитие геодинамических процессов и экосистемы водохранилища в зоне волнового морфолитогенеза. По направлениям и скоростям на водохранилище преобладают ветры южного, юго-западного и западного направлений. При волнах этих направлений наиболее интенсивно развиваются процессы абразии берегов.

В ряду негативных последствий создания Новосибирского водохранилища наибольшую опасность для экологии сложившихся экосистем и окружающей среды, населения и объектов экономики представляют процессы переработки (абразии) берегов, в меньшей степени процессы подтопления и образования оврагов, а также заиливание прибрежных заливов и засорение акватории плавающей древесиной. Берега Новосибирского водохранилища сложены в основном макропористыми суглинками, супесями, песками Приобского плато и I–IV надпойменных террас

р. Оби. Формирование берегов в нижней и средней частях водохранилища происходит в основном под воздействием ветрового волнения и уровней воды в водоеме, в средней части заметна и роль стоковых течений. На отдельных участках верхней и средней частей водохранилища наблюдается современное оврагообразование, а в верхней — процессы подтопления.

В нижней части водохранилища (на расстоянии 60 км от плотины ГЭС) процессы переработки берегов в настоящее время происходят наиболее интенсивно и значительной их стабилизации не наблюдается.

По правобережью нижней части, где расположен инфильтрационный водозабор Академгородка СО РАН, можно выделить две подзоны. Первая — в 20–60 км от плотины, здесь отступление составляет до 3,0 м в год. В нижней подзоне интенсивность переработки значительно возрастает и достигает по отдельным участкам до 10,0 м в год. Эта подзона характеризуется максимальными величинами переработки берегов, не затухающей до настоящего времени. По левому и правому берегам подзоны выполнены

основные берегоукрепительные мероприятия (пляж Академгородка СО РАН, лесопарковая зона ГЭС, п. Ленинское, Стрелка Бердского залива).

Процесс размыва береговых склонов водохранилища оказался более длительным, чем прогнозировалось. Многолетние наблюдения за ходом абразионных процессов выявили ряд непериодических изменений в формировании профиля относительной устойчивости прибрежной зоны. При низких (относительно НПУ) уровнях воды происходит интенсивный размыв сформировавшихся прибрежных и некоторое затухание процессов обрушения берегов. В настоящее время процессы формирования профиля береговой зоны имеют пульсирующую циклическую тенденцию.

В настоящее время процессы развития берегов стали изменяться, что проявилось в относительной стабилизации абразионных уступов, увеличении прибрежных отмелей и образовании на некоторых участках крупных аккумулятивных форм. Однако на большей протяженности абразия берегов продолжается. В целом процесс обрушения береговых склонов водохранилища оказался более длительным, чем это предусматривалось в ранее выполненных прогнозах, которые потребовали уточнения как результатами фактических наблюдений, так и дополнительными прогнозами. Непериодические изменения относительно устойчивых склонов водохранилища во многом связаны с нестабильностью уровней воды в многолетнем разрезе за безледовые периоды. В целом же процесс носит циклический характер. Максимальные величины разрушения берегов водохранилища связаны с сочетанием высоких (близких к НПУ) уровней воды и повышенной ветро-волновой активностью. Минимальные разрушения надводных уступов, но повышенные размывы прибрежных отмелей наблюдаются при продолжительном стоянии уровней воды ниже НПУ, соответствующих проектным уровням навигационной сработки [8].

Ущерб от потери земель и негативные экологические последствия обрушения берегов водохранилища выдвинули в качестве первоочередных задач защиту берегов и использование природных аккумулятивных форм в прибрежной зоне. Начиная со времени заполнения Новосибирс-

кого водохранилища, в устьевых частях средних и крупных заливов рек, ранее впадавших в р. Обь, наблюдалась повышенная заносимость и заиливание продуктами абразии. Это вызвано тем, что возникающие при волнении водные потоки перемещают наносы вдоль берегов, при этом, достигнув устьевых частей образовавшихся заливов, потоки наносов попадают в зону волновой тени, характеризующейся отсутствием волновых течений. В этих условиях вдольбереговой поток продолжает свое движение, но в ином направлении, не совпадающем с предыдущим, с углом движения соответствующего наибольшей транспортирующей способности волн, сформировавшихся в глубокой части водохранилища. Это приводит к выпадению из насыщенного потока значительной части наносов у входа в залив. Оставшиеся в потоке наносы продолжают перемещаться по протяженности залива и осаждаются по мере гашения скорости течения. В результате образуются аккумулятивные формы подводного рельефа у входа в залив, заполняется наносами и акватория самого залива. Как правило, такой процесс завершается уменьшением глубин в заливе, а иногда полным отчленением залива от основной чаши водохранилища. Развитие этих процессов необходимо учитывать при организации водозаборов хозяйственно-питьевого назначения.

За время существования водохранилища, по данным последних съемок ИВЭП СО РАН, протяженность абразионных берегов достигла 820 км, потери земель в целом по водохранилищу составили около 50 км², вырублено более 1000 га прибрежных лесов. В настоящее время вырубка лесов в зонах обрушения продолжается, хотя объемы ее несколько снизились [9].

Поскольку использование водных ресурсов водохранилища в процессе хозяйственной деятельности весьма интенсивно и связано с широким спектром экологических последствий, необходимо выявление антропогенного фактора в формировании качества воды на отдельных участках и в водохранилище в целом, как по годам, так и во внутригодовом разрезе. Для улучшения качества питьевой воды и соответствия нормам на всех водопроводах питьевого назначения, обеспечения их санитарно-эпидемиологической надежности предусматриваются зоны санитар-

ной охраны. Зона расположения оголовков водозаборов в источнике водоснабжения состоит из 3-х поясов: первого — строгого режима, второго и третьего — режимов ограничения. В свою очередь, качество воды как результирующий показатель всего комплекса условий и взаимодействий природно-антропогенных процессов, происходящих в водных экосистемах и на площадях водосбора, определяет не только биопродуктивность водных объектов, но и возможность использования водных и биологических ресурсов.

Проблема питьевого водоснабжения в современных условиях становится все более актуальной в связи почти с повсеместным загрязнением поверхностных водных объектов Сибири, используемых в качестве коммунально-питьевых источников воды. Водоохранилище обеспечивает круглогодичное водоснабжение городов, крупных населенных пунктов и промышленных предприятий Новосибирской области и Алтайского края.

Поскольку загрязнению в большей степени подвержены поверхностные воды, особое внимание при организации водоснабжения уделяется подземным водам. По этому принципу в прибрежной зоне Новосибирского водоохранилища созданы многие водозаборы, в том числе питьевого назначения, за счет подпора водоохранилищем подземных вод. Гидрогеологические условия, сформировавшиеся в береговой полосе в результате подпора подземных вод (экологическое последствие, по существу, негативное), оказалось возможным использовать в водохозяйственных целях. Питьевое и техническое водоснабжение из подземных инфильтрационных источников не требует организации биологической и механической очистки, что необходимо в случае организации водозаборов из поверхностных вод. Однако для большинства водозаборов из подземных вод, используемых для питьевых целей, характерны дефицит фтора, повышенная минерализация (более 1000 мг/дм³), жесткость (более 7 мг-экв./дм³), значительное содержание натрия, бора, железа, марганца. Поэтому обеспечение населения питьевой водой из подземных источников остается ограниченным.

Города и населенные пункты, находящиеся на территориях, тяготеющих к водоохранилищу, стремятся обеспечить питьевое водоснабжение

за счет поверхностных вод. Это влечет более серьезные требования не только к рациональному количественному распределению воды, но и к ее качественному составу, как правило, связанному с интенсивным хозяйственным освоением территорий, прилегающих к водоохранилищу.

Следует отметить, что в настоящее время водные ресурсы водоохранилища (при водности реки с обеспеченностью менее 60 %), еще позволяют существенно улучшать санитарные условия реки в черте г. Новосибирска и обеспечивать бесперебойную работу городского водопроводного хозяйства, а увеличенными попусками в меженные периоды поддерживать судоходные условия на участке р. Оби от г. Новосибирска до устья реки Томи.

Новосибирское водоохранилище, в целом, оказывает позитивное влияние на качество воды по гидрохимическим показателям [7]. В основном не происходит загрязнения воды при движении от входного створа к плотине, но для некоторых ингредиентов наблюдается определенная динамика. Так, отмечено увеличение концентраций нефтепродуктов в нижнем бьефе в летний период, что, по-видимому, связано с использованием водоохранилища для судоходства и происходит за счет маломерного флота, широко используемого на Новосибирском водоохранилище. Это определяет основное влияние антропогенной составляющей на содержание нефтепродуктов в водоеме. Увеличение концентраций нитратов в нижнем бьефе в весенний период, скорее всего, можно объяснить большим количеством талых вод, попадающих в водоохранилище. Увеличение концентраций аммонийных соединений в нижнем бьефе в осенний период обычно связано с продолжающимся распадом органических веществ, содержащих азот, в условиях слабого или полного отсутствия их потребления фитопланктоном.

Химический состав воды в водоохранилище определяется стоком р. Оби и имеет сезонный характер: более высокое относительное содержание растворенных солей наблюдается в зимнее время, более низкое — в весенне-летний период. Во все сезоны преобладающими анионами являются HCO_3^- -ионы, содержание которых колеблется в пределах 75–180 мг/дм³. Основную часть катионов в воде водоохранилища составляют ионы Ca^{2+} (30–80 мг/дм³). В многолетнем ряду

наблюдений не выявлено существенных различий в содержании главных ионов по акватории водохранилища. На формирование режима биогенных элементов в верхней части водохранилища основное влияние оказывает гидрохимический сток р. Оби, а на остальной акватории на содержание биогенных элементов в определенной степени оказывают влияние и внутриводоемные процессы. В отдельные гидрологические сезоны вода в водохранилище загрязняется нефтепродуктами, фенолами, а также нитритами и соединениями, содержащими ионы аммония [10, 11].

Особое значение имеет привнесение загрязняющих веществ в водные объекты от точечных и диффузных источников сточных вод. Часто антропогенная составляющая формирования качества поверхностных вод уже соизмерима с природной составляющей, что представляет угрозу устойчивому водопользованию. Актуальность этой проблемы особенно высока, поскольку все усиливающееся техногенное воздействие на экосистему часто превосходит влияние процессов самоочищения и снижает очищающую способность водохранилищ [12–15]. Так, для водохранилищ Средней и Нижней Волги особую тревогу вызывает чрезмерное привнесение биогенных веществ, что в условиях замедленного водообмена вызывает массовое развитие сине-зеленых водорослей. «Цветение» воды значительно ухудшает её качество, снижает рекреационный и рыбопромысловый потенциал волжских водохранилищ [16].

Основное питание Новосибирского водохранилища происходит через входной створ р. Оби (более 95 %). На боковую приточность в пределах самого водоема приходится менее 5 % годовой величины притока. Химический состав воды в Новосибирском водохранилище формируется, в основном, также за счет основного притока р. Оби. Поступление химических веществ с ее водой в приходной статье баланса — преобладающее (93–95 %). С целью выявления влияния собственного водосбора была проведена оценка вклада основных боковых притоков в химический состав воды водохранилища (по приоритетным химическим ингредиентам: нефтепродуктам, фенолам, аммонийным соединениям, нитритам, величинам БПК₅). По данным Западно-Сибирского Межрегионального территориального

управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды регулярные гидрологические наблюдения на притоках водохранилища проводятся на основных (по объему водного стока) боковых притоках: реках Бердь и Каракан. Среднегодовые расходы этих в многолетнем аспекте, соответственно, 36,5 и 2,38 м³/с, а р. Оби в створе г. Камень-на-Оби — 1720,4 м³/с. Оценки показывают, что вклад р. Берди в гидрохимический сток по нефтепродуктам составляет 2,5 %, величинам БПК₅ — 1,8 %, фенолам — 1,1 %, нитритам — 1,9 %, аммонийным соединениям — 1,7 %. Вклад р. Каракана примерно на порядок меньше: по нефтепродуктам он составляет 0,2 %, по фенолам — 0,08 %, по БПК₅ — 0,13 %, по аммонийным соединениям — 0,1 %, по нитритам — 0,1 %. Таким образом, даже наиболее крупные боковые притоки не вносят какой-либо ощутимый вклад в качество воды водохранилища. При этом сами они могут являться участками с повышенной экологической напряженностью, главным образом за счет вклада антропогенной составляющей [17]. Но в связи с тем что основное стоковое течение создает подпор боковой приточности, имеет место эффект самоочищения в устьевых участках этих притоков без выноса загрязняющих веществ в основную акваторию. Иллюстрацией этого утверждения могут служить результаты, полученные при изучении качества воды в Бердском заливе. В результате многолетнего мониторинга обнаружено, что в Бердском заливе Новосибирского водохранилища наблюдается процесс интенсивной эвтрофикации [18]. Так, до 2010 года содержание легкоокисляемых органических веществ (по величинам БПК₅) в Бердском заливе во все сезоны не превышали этих величин на основной акватории водохранилища. В 2010–2013 гг. в нижней части Бердского залива, не подверженной разбавлению транзитными водами водохранилища, в июле отмечены повышенные показатели БПК₅, существенно превышающие значения на участке Ленинское-Сосновка и Верхний бьеф (нижняя часть водохранилища). В 2012 г. показатели БПК₅ в нижней части Бердского залива составили 4,99, тогда как в основном русле водохранилища этот показатель не превышал 3,2, а в 2013 г. величины БПК₅ составляли 7,93–7,96 мгО₂/дм³, в августе — 5–6 мгО₂/дм³. В то же время в самом водохрани-

лище эти величины не превышали 2–3 мгО₂/дм³ воды. Об этом же свидетельствуют и показатели по гидробионтам. Если в озерной части водохранилища количественные показатели зоопланктона зависят от уровня воды, длительности стояния постоянного уровня, водности года, температуры, то в Бердском заливе наблюдается прирост биомассы независимо от гидрологических и метеорологических условий. По сравнению с началом 90-х гг., биомасса зоопланктона выросла более чем в 5 раз. При этом наблюдается активное летнее цветение сине-зеленых водорослей на данном участке. Очевидно, за счет антропогенной эвтрофикации [18].

Антропогенная нагрузка на воды залива в последние годы возрастает, как вследствие развития жилого и промышленного сектора г. Искитима и г. Бердска, так и вследствие износа очистных сооружений. Примером может служить авария на канализационном коллекторе г. Бердска, которая произошла 15 октября 2013 г. и привела к аварийному выбросу канализационных вод на территорию коллектора, расположенного на левом берегу Бердского залива с последующим их поступлением в воды р. Бердь. По оценочным данным в водоем поступило 26 тыс. м³ загрязненных вод. Излив неочищенных стоков продолжался в течение 52 ч. Анализ качества воды в Бердском заливе водохранилища после аварии проводился в аккредитованных лабораториях: отделе по контролю качества природных и сточных вод ФГУ «ВерхнеОбьрегионводхоз» и испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Новосибирской области» в г. Бердске.

В районе аварийного сброса наблюдались низкие значения рН (6,65–6,93). До аварии значения рН находились в диапазоне 8,3–8,6. Как правило, вода в водохранилище слабощелочная. В зоне выброса и в 500 м ниже отмечались наиболее высокие значения БПК₅ (4,52 и 4,58 мгО₂/дм³), было зафиксировано повышение концентрации аммонийного азота до 0,67 мгN/дм³ (до аварии концентрация аммонийных соединений не превышала ПДК, и в районе устьев участка Бердского залива составляла 0,22 мгN/дм³), нитратов до 0,23 мгN/дм³, сульфатов до 20,5 мг/дм³ (что превышало примерно в два раза фоновые значения). Наиболее высокие значения ХПК наблюдались ниже точки сброс-

са спустя пять суток после аварии и составляли 20,8–27,0 мгО/дм³. Повышенные значения концентраций фосфатов (0,36–0,37 мг/дм³), превышающие фоновые значения на порядок, были отмечены как в месте выброса, так и 500 м выше и 500 м ниже по течению. Таким образом, при залповом выбросе загрязняющих веществ произошло локальное загрязнение в точке выброса и перераспределение загрязняющих веществ за счет стокового и нагонного ветрового течений.

Однако со временем произошло очищение воды, что подтверждается результатами экспедиции, проведенной 18–19 февраля 2014 г. Качество воды на исследованном участке Бердского залива по большинству исследованных гидрохимических показателей соответствовало состоянию в самом водохранилище. Так, вода слабощелочная (рН 8,11–8,35), кислородный режим благоприятный (8,67–12,38 мгО₂/дм³), концентрации аммонийных соединений — 0,10–0,18 мг/дм³, нитратов — 0,3–0,8 мг/дм³, нитритов — 0,01–0,05 мг/дм³, фосфатов — 0,01–0,05 мг/дм³, сульфатов — 7,3–12,5 мг/дм³, фенолов — 0,1–0,4 мкг/дм³ и нефтепродуктов — 0,014–0,019 мг/дм³ соответствуют концентрации в самом водохранилище. Исключение составляет лишь концентрация аммонийного азота, равная 0,67 мг/дм³ в точке непосредственного поступления стоков во время осенней аварии. Следует отметить также значения БПК₅ (2,03–3,15 мгО₂/дм³), несколько превышающие ПДК, равную 2 мгО₂/дм³ во всех исследованных пробах. Повышенные значения БПК₅, особенно в период с низкими температурами, свидетельствуют о сохраняющемся незначительном органическом загрязнении.

Заключение

Регулирование стока Новосибирским водохранилищем по проекту ввиду его малой полезной емкости заметной срезки пика паводков не производит, поэтому максимальные расходы 0,1 и 0,01 % обеспеченности практически водохранилищем не трансформируются. Многолетние исследования особенностей гидрологического режима водохранилища, обобщением которых является данная работа, позволили выявить возможность использования его полезной призмы для трансформации волны половодья с наложением на неё дождевых паводков, характерных

для весеннего периода в Горном Алтае, до 30 % их общего объема. В сезоны с водностью выше средней высота уровня воды в водохранилище должна определяться исключительно условиями наполнения водоема с учетом безопасности его гидротехнических сооружений, а ниже плотины, наряду с пропуском паводковой волны через агрегаты ГЭС, одновременно производились сбросы воды через водосливную плотину, соблюдая верхнюю критическую отметку водомерного поста нижнего бьефа «Новосибирск» (560 см над нулем графика) и тем самым удалось избежать подтопления жилого фонда города. Поэтому какое-либо строительство в пойме реки и на низких террасах должно быть категорически запрещено, а существующие постройки без промедления вынесены из зоны возможного затопления.

Водохозяйственными организациями г. Новосибирска и области в ближайшее время при использовании водных ресурсов Новосибирского водохранилища планируется применение готовящегося нормативного документа «Правила использования водных ресурсов водохранилища Новосибирской ГЭС», разрабатываемого АО «Ленгидропроект», Санкт-Петербург. Как показал анализ гидрологического материала многолетней эксплуатации водохранилища и изложенного в новых «Правилах...», в маловодные годы установлена допустимая весенняя сработка уровня воды в Новосибирском водохранилище на 1,0 м ниже установленного ныне УМО. Водохранилище предлагается срабатывать до отметки 107,50 м БС, то есть до нуля существующего графика водомерного поста «Верхний бьеф». С этим категорически нельзя согласиться, так как такое снижение уровня воды в водохранилище повлечет ряд негативных последствий для водных экосистем и гидротехнических сооружений ГЭС.

Анализ многолетней водохозяйственной обстановки в бассейне Верхней Оби позволяет сделать вывод о необходимости увеличения регулирования стока реки на участке от истоков до г. Камень-на-Оби в связи с дефицитом водных ресурсов в период зимней межени при природной водности с обеспеченностью 60 % и выше. Увеличение регулирования стока Верхней Оби может быть достигнуто либо созданием выше Новосибирского водохранилища водоёма много-

летнего регулирования стока, либо малых водохранилищ ГЭС на притоках р. Катунь.

Литература

1. Савкин, В. М. (2000). *Эколого-географические изменения в бассейнах рек Западной Сибири*. Новосибирск: Издательство Наука, 152 с.
2. Савкин, В. М., Двуреченская, С. Я. (2009). Водоснабжение как основной компонент водохозяйственного комплекса Новосибирского водохранилища. В: *Труды международной научно-практической конференции «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов»*. Пермь: Пермский Гос. университет, сс. 162–167.
3. Савкин, В. М., Двуреченская, С. Я. (2009). Особенности гидрологических условий и проблемы водопользования Новосибирского водохранилища. В: *Вопросы гидрологии и гидроэкологии Урала*. Пермь: Пермский. Гос. университет, сс. 8–14.
4. Васильев, О. Ф., Бураков, Д. А., Вострякова, Н. В. (1990). Перспективы регулирования стока в Обь-Иртышском бассейне в связи с мелиоративным освоением территории. Гидрологическое обоснование водохозяйственных мероприятий. В: *Труды V Всесоюзного гидрологического съезда*. Л.: Гидрометеониздат, сс. 159–164.
5. Савкин, В. М., Двуреченская, С. Я. (2016). Новосибирское водохранилище как источник водоснабжения. В: *Человек и вода, история. Материалы Международной научной конференции*. Новосибирск: Сибирский государственный университет водного транспорта Министерства транспорта РФ, сс. 18–26.
6. Савкин, В. М., Двуреченская, С. Я. (2011). Эколого-водохозяйственные особенности многолетнего использования водных ресурсов Новосибирского водохранилища. В: *Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий; риски их использования*. Калининград: Капрос, сс. 354–360.
7. Савкин, В. М., Двуреченская, С. Я. (2014). Ресурсные и водно-экологические проблемы комплексного использования Новосибирского водохранилища, *Водные ресурсы*, т. 41, № 4, сс. 456–465.
8. Савкин, В. М. Кондакова, О. В. (2011). Влияние особенностей гидрологического режима Новосибирского водохранилища на развитие береговых процессов. В: *Труды 2-й Международной конференции «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов»*. Новосибирск: СО РАН, сс. 293–297.
9. Хабидов, А. Ш., Леонтьев, И. О., Марусин, К. В. (2009). *Управление состоянием берегов водохранилищ*. Новосибирск: СО РАН, 239 с.
10. Васильев, О. Ф., Савкин, В. М., Двуреченская, С. Я. (1997). Водохозяйственные и экологические проблемы Новосибирского водохранилища. *Водные ресурсы*, т. 24, № 5, сс. 581–589.
11. Савкин, В. М., Двуреченская, С. Я., Орлова, Г. А. (2003). Формирование гидролого-гидрохимического режима Верхней Оби на участке Новосибирского водохранилища в условиях изменения природно-техногенной ситуации. *Сибирский экологический журнал*, т. 10, № 2, сс. 171–179.

12. Алекин, О. А. (1970). *Основы гидрохимии*. Л.: Гидрометеиздат. 442 с.

13. Monyque Palagano da Rocha, Priscila Leocadia Rosa Dourado, Mayara de Souza Rodrigues, Jorge Luiz Raposo, Alexeia Barufatti Grisolia, Kelly Mari Pires de Oliveira. (2015). «The influence of industrial and agricultural waste on water quality in the Água Boa stream (Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil)», *Environmental Monitoring and Assessment*. V. 07. P. 4475.

13. da Rocha, M., Dourado, P., de Souza Rodrigues, M. (2015). The influence of industrial and agricultural waste on water quality in the Água Boa stream (Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil), *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 7, pp. 441–453.

14. Calijuri, M., Castro, J., Costa, L. (2015). Impact of land use/land cover changes on water quality and hydrological behavior of an agricultural subwatershed, *Environmental Earth Sciences*, vol. 9, pp. 74–80.

15. Setegn, S. (2015). Water Resources Management for Sustainable Environmental Public Health. *Sustainability of Integrated Water Resources Management: Water Governance, Climate and Ecohydrology, chapter 15*, pp. 275–287.

16. Розенберг, Г. С., Евланов, И. А., Селезнев, В. А. (2011). Опыт экологического нормирования антропогенного воздействия на качество воды (на примере водохранилищ Средней и Нижней Волги). В: *Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. Материалы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии*. М.: Товарищество научных изданий КМК, сс. 8–29.

17. Двуреченская, С. Я. (2012). Анализ роли различных источников поступления химических веществ в воды Новосибирского водохранилища. *Сибирский экологический журнал*, т. 19, № 4, сс. 473–478.

18. Ермолаева, Н. И., Двуреченская, С. Я. (2014). Влияние повышенной антропогенной нагрузки на структурные изменения сообществ зоопланктона Новосибирского водохранилища. В: *Сб. V Всероссийской конференции по водной экотоксикологии «Антропогенное влияние на водные экосистемы»*. Ярославль: Филлигрань, т. 1, сс. 66–70.

References

1. Savkin, V. M. (2000). *Ekologo-geograficheskiye izmeneniya v basseynakh rek Zapadnoy Sibiri*. [Ecological and geographical changes in river basins of Western Siberia]. Novosibirsk: Science, 152 pp. (in Russian).

2. Savkin, V. M., Dvurechenskaya, S. Ya. (2009). Vodostabzheniye kak osnovnoy komponent vodokhozyaystvennogo kompleksa Novosibirskogo vodokhranilishcha. In: *Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Sovremennyye problemy vodokhranilishch i ikh vodosborov”* [Water supply as the main component of the water management complex of the Novosibirsk reservoir]. Perm: Perm State University, pp. 162–167 (in Russian).

3. Savkin, V. M., Dvurechenskaya, S. Ya. (2009). Osobennosti gidrologicheskikh usloviy i problemy vodopolzovaniya Novosibirskogo vodokhranilishcha. In: *Voprosy gidrologii i*

gidroekologii Urala [Features of hydrological conditions and problems of water use of the Novosibirsk reservoir]. Perm: Perm State University, pp. 8–14 (in Russian).

4. Vasilev, O. F., Burakov, D. A., Vostryakova, N. V., Savkin, V. M. (1990). Perspektivy regulirovaniya stoka v Ob-Irtyshskom basseyne v svyazi s meliorativnyim osvoeniem territorii. *Gidrologicheskoe obosnovanie vodohozyaystvennykh meropriyatiy*. In: *Trudy V Vsesoyuznogo gidrologicheskogo s'ezda* [Prospects for flow regulating in the Ob-Irtysh basin in connection with land reclamation. Hydrological justification of water management measures]. L.: Gidrometeoizdat, pp. 159–164.

5. Savkin, V. M., Dvurechenskaya, S. Ya. (2016). Novosibirskoye vodokhranilishche kak istochnik vodosnabzheniya». In: *«Chelovek i voda. istoriya». Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii*. [Novosibirsk Reservoir as a source of water supply]. Siberian State University of Water Transport. Ministry of Transport of the Russian Federation, pp. 18–26 (in Russian).

6. Savkin, V. M., Dvurechenskaya, S. Ya. (2011). Ekologo-vodohozyaystvennyye osobennosti mnogoletnego ispolzovaniya vodnykh resursov Novosibirskogo vodokhranilishcha. In: *Sb. Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii “Ustoychivost vodnykh ob'ektov, vodosbornykh i pribrezhnykh territoriy; riski ih ispolzovaniya”* [Ecological and water management features of long-term use of water resources of the Novosibirsk reservoir]. Kaliningrad: Kapros (Izd-vo TERRA BALTIKA) pp. 354–360 (in Russian).

7. Savkin, V. M., Dvurechenskaya, S. Ya. (2014). Resources-related and Water-Environmental Problems of the Complex use of the Novosibirsk Reservoir, *Water Resources*, vol. 41, № 4, pp. 446–453 (in Russian).

8. Savkin, V. M., Kondakova, O. V. (2011). Vliyaniye osobennostey gidrologicheskogo rezhima Novosibirskogo vodokhranilishcha na razvitiye beregovykh protsessov. In: *Trudy 2 Mezhdunarodnoy konferentsii «Sozdaniye i ispolzovaniye iskusstvennykh zemelnykh uchastkov na beregah i akvatorii vodoemov»* [Influence of the features of the hydrological regime of the Novosibirsk Reservoir on the development of coastal processes]. Novosibirsk: SO RAN, pp. 293–297 (in Russian).

9. Khabidov, A. Sh., Leontev, I. O., Marusin, K. V., Shlychkov, V. A., Savkin, V. M., Kuskovskiy, V. S. (2009). *Upravleniye sostoyaniem beregov vodokhranilishch* [Management of the state of the banks of reservoir]. Novosibirsk: SO RAN, 239 pp. (in Russian).

10. Vasiliev, O. F., Savkin, V. M., Dvurechenskaya, S. Ya., Popov, P. A. (1997). Vodohozyaystvennyye i ehkologicheskiye problemy Novosibirskogo vodokhranilishcha, *Vodnye resursy* [Water and ecological problems of the Novosibirsk reservoir], *Water resources*, vol. 24, № 5, pp. 581–589 (in Russian).

11. Savkin, V. M., Dvurechenskaya, S. Ya., Orlova, G. A., Bulycheva, T. M. (2003). Formirovaniye gidrologo-gidrokhimicheskogo rezhima Verkhney Obi na uchastke Novosibirskogo vodokhranilishcha v usloviyakh izmeneniya prirodno-tekhnogennoy situatsii, [Formation of the hydrological-hydrochemical regime of the Upper Ob River in the area of the Novosibirsk Reservoir in conditions of changing the natural and man-made situation], *Sibirskiy ekologicheskii zhurnal*, vol. 10, №2, pp. 171–179 (in Russian).

12. Alekin, O. A. (1970). *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of Hydrochemistry], Leningrad: Gidrometeoizdat, 442 pp. (in Russian).

13. da Rocha, M., Dourado, P., de Souza Rodrigues, M. (2015). The influence of industrial and agricultural waste on water quality in the Água Boa stream (Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil), *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 7, 441–453 pp.

14. Calijuri, M., Castro, J., Costa, L. (2015). Impact of land use/land cover changes on water quality and hydrological behavior of an agricultural subwatershed, *Environmental Earth Sciences*, vol. 9, 74–80 pp.

15. Setegn, S. (2015). Water Resources Management for Sustainable Environmental Public Health. Sustainability of Integrated Water Resources Management: Water Governance, *Climate and Ecohydrology*. Ch. 15, Springer International Publishing, pp. 275–287

16. Rozenberg, G. S., Evlanov, I. A., Seleznyov, V. A. (2011). Opyt ekologicheskogo normirovaniya antropogennogo vozdeystviya na kachestvo vody (na primere vodoxranilishh Srednej i nizhnej Volgi) [Experience in the Environmental Rationing of Anthropogenic Impact on Water Quality (on the example of the reservoirs of the Middle and Lower Volga)], In *Voprosy ekologicheskogo normirovaniya i razrabotka sistemy ochenki sostoyaniya vodoemov*. Tovarishhestvo nauchnyx izdaniy. Kmk. M., p. 196 (in Russian).

17. Dvurechenskaya, S. Ya. (2012). Analysis of consequences of contribution from major sources of chemical matter in water of Novosibirsk reservoir. *Contemporary problems of ecology*, vol. 5, issue: 4, pp. 347–351 (in Russian).

18. Ermolaeva, N. I., Dvurechenskaya, S. Ya. (2014). Vliyanie povyishennoy antropogennoy nagruzki na strukturnye izmeneniya soobshchestv zooplanktona Novosibirskogo

vodohranilisha. In: *Sb. V Vserossiyskoy konferentsii po vodnoy ekotoksikologii «Antropogennoe vliyanie na vodnyie ekosistemy»* [The effect of increased anthropogenic pressure on structural changes in the zooplankton communities of the Novosibirsk reservoir]. Yaroslavl: Filigran, vol. 1, pp. 66–70 (in Russian).

Авторы

Савкин Валерий Михайлович, д-р географ. наук, главный научный сотрудник

Института водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН

E-mail: savkin.vm@yandex.ru

Двуреченская Серафима Яковлевна, канд. хим. наук, доцент, ученый секретарь

Новосибирского филиала Института водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН

E-mail: serafima_dv@mail.ru

Authors

Savkin Valery Mikhailovich

Dr. Sci. Geography, principal researcher,
Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Department

E-mail: savkin.vm@yandex.ru

Dvurechenskaya Serafima Yakovlevna

PhD, Chem., Associate Professor, Scientific Secretary,
Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Department

E-mail: serafima_dv@mail.ru