

Влияние многолетних изменений гидролого-гидрохимического режима Новосибирского водохранилища на экологические условия водопользования

В. М. САВКИН, С. Я. ДВУРЕЧЕНСКАЯ

*Институт водных и экологических проблем СО РАН,
Новосибирский филиал
630090, Новосибирск, Морской просп., 2
E-mail: savkin@ad-sbras.nsc.ru, dvur@ad-sbras.nsc.ru, dvur@iwep.nsc.ru*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены возможности использования Новосибирского водохранилища для организации водоснабжения, в том числе питьевого, крупного города и прилегающей территории. Выявлены особенности многолетнего формирования гидролого-гидрохимического режима водохранилища и его влияние на экологические условия водопользования.

Ключевые слова: водохранилище, водохозяйственный комплекс, питьевое водоснабжение, экологические условия, водоохраные зоны.

В бассейне верхней Оби в настоящее время функционирует многоотраслевой водохозяйственный комплекс, основное назначение которого – хозяйственно-питьевое водоснабжение и энергетика. Избежание рисков в водопользовании связано с гарантированной устойчивой обеспеченностью водой (в первую очередь питьевой) всех участников водохозяйственного комплекса при соблюдении экологических условий функционирования водоема.

Проблемы использования водных ресурсов водохранилищ наряду с водными запасами естественных озер должны сегодня рассматриваться с учетом масштабов их влияния на эколого-экономическую ситуацию не только в региональном, бассейновом, но и в более широком аспекте. Проблема качества воды в Новосибирском водохранилище стала особенно актуальна в последние годы, когда возросла его роль как источника питьевой воды. По-

высились требования не только к рациональному количественному распределению воды, но и к ее качественному составу, как правило, связанному с интенсивным хозяйственным освоением территорий, прилегающих к водохранилищу. Новосибирское водохранилище можно рассматривать как полигон для выполнения комплексных исследований водных экосистем, сформировавшихся при его длительной эксплуатации. В первую очередь это многолетние изменения гидролого-гидрохимического режима водохранилища [1–3], которые определяют экологические условия водоема и формирование химического состава воды в крупной природно-техногенной системе.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Натурные исследования на Новосибирском водохранилище проводили в верхней, средней и нижней частях водохранилища и в нижнем бьефе ГЭС. Станции отбора проб воды

Савкин Валерий Михайлович
Двуреченская Серафима Яковлевна



Рис. 1. Схема Новосибирского водохранилища

отмечены на рис. 1 (крупными точками). Отбор проб воды проводили с борта теплохода, а в зимнее время – со льда. Химико-аналитические работы выполнены в аттестованной лаборатории контроля качества природных и сточных вод ФГУ «ВерхнеОбьрегионводхоз» Минприроды РФ по стандартным методикам [4, 5]. Выполнена статистическая обработка химико-аналитических данных, в частности дисперсионный анализ результатов определения концентраций химических ингредиентов в пробах воды, характеризующих гидрохимический режим водохранилища в разные по водности годы и сезоны. При проведении статистического анализа [6, 7] рассмотрены первичные данные, т. е. значения концентраций химических ингредиентов (кислород, величины БПК и рН, главные ионы, биогенные элементы, фенолы, нефтепродукты) в течение года и сезона для всех обсуждаемых створов, т. е. именно из этих данных формировалось многомерное пространство признаков.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Новосибирское водохранилище (см. рис. 1) – это единственный крупный в бассейне р. Оби искусственный водоем многоцелевого назначения. Полный его объем $8,8 \text{ км}^3$, полезный – $4,4 \text{ км}^3$, площадь водного зеркала 1090 км^2 , максимальная глубина 19 м, максимальная ширина 22 км. Протяженность во-

дохранилища 180 км, охватывает территорию Новосибирской области и Алтайского края. Заполнение водохранилища происходило в 1957–1959 гг., площадь затопления земель 951 км^2 .

Новосибирский гидроузел построен с энергетической целью, однако усиление в 70-х гг. XX в. общего антропогенного пресса на водные объекты Сибири, в частности на водные ресурсы Новосибирского водохранилища, привело к смене ведущего водопользователя – энергетики, имевшей право на первоочередное обеспечение водой.

Развитие объединенной энергосистемы Сибири снизило энергетическое значение Новосибирской ГЭС с установленной мощностью 450 тыс. кВт, а использование водных ресурсов водохранилища в большей степени приобрело водоснабженческую функцию. Среднегодовое количество стока Оби у г. Новосибирска составляет 55 км^3 . Водохранилище осуществляет сезонное неглубокое регулирование стока. Полный объем водохранилища аккумулирует в среднем 17 % годового стока, а полезный – 8,6 %. Основная приточность к водохранилищу 94–96 % происходит за счет стока р. Оби, доля боковой приточности с собственного водосбора водохранилища составляет 4 %, или около 2 км^3 от общего притока.

В настоящее время водные запасы водохранилища используются для водоснабжения (в основном питьевого), энергетики, ороше-

ния, рыбозаведения, рекреационных целей. Проблема питьевого водоснабжения в современных условиях приобрела особую актуальность в связи с почти 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. Непосредственно из водоохранилища получают воду городской водозабор г. Бердска с производительностью 20 тыс. м³/сут, водозабор крупного электромеханического предприятия с производительностью 120 тыс. м³/сут, групповой водозабор в пгт. Ордынское с производительностью 32 тыс. м³/сут, а также городской водозабор г. Камень-на-Оби производительностью около 10 тыс. м³/сут и Бурлинская оросительная система Алтайского края производительностью 33 тыс. м³/сут. Анализируя объемы целевого использования воды водоохранилища, следует отметить, что в Алтайском крае большее количество воды используется для орошения сельхозугодий, меньше – на питьевое водоснабжение населения и нужды промышленности. В Новосибирской области по количеству потребляемой воды лидирующими являются питьевое водоснабжение населения и промышленность. Особое значение водоохранилище приобрело в связи с необходимостью устойчивого обеспечения коммунального хозяйства г. Новосибирска, водозаборы которого расположены ниже плотины ГЭС. Здесь расположены четыре городских водозабора – насосные фильтровальные станции: русловая № 3 (производительностью 150 тыс. м³/сут), две ковшевых (№ 1 производительностью 250 и № 5 производительностью 600 тыс. м³/сут), а также № 2 производительностью 140 тыс. м³/сут. Общая производительность городского водопровода в настоящее время составляет 1155 тыс. м³/сут. Подготовка воды питьевого качества осуществляется на заводах при водозаборах 1, 2, 3 и 5.

Особенности изменения гидрологического режима водоохранилища в многолетнем аспекте влияют на формирование водных экосистем, процессы эвтрофирования водоема, его биопродуктивность, гидрохимию и качество

воды в отдельные годы и сезоны. Сравнительный анализ гидрологического режима Новосибирского водоохранилища за многолетний, годовой и сезонный периоды показывает, что наблюдаются увеличение повторяемости маловодных лет и проявление маловодных циклов, состоящих из 2–3 и 4 лет, а также уменьшение водности весеннего сезона. В многолетнем разрезе происходит постоянное снижение среднегодовой величины водности. Уменьшаются коэффициенты водообмена в водоохранилище за весенние сезоны и в целом за год. Среднегодовой коэффициент водообмена за 1990–2006 гг. составил 6,43 при среднемноголетнем за 1959–2006 гг. – 6,62, изменение коэффициентов водообмена в весенние сезоны – 3,03 и 3,11 соответственно. Многолетний режим уровней воды в водоохранилище стабильно характеризуется тремя основными фазами: повышением уровней воды при заполнении чаши водоохранилища стоком р. Оби в период весеннего половодья; летним стабилизированным стоянием уровней на отметке нормального подпорного уровня (НПУ) и близких к ней; понижением уровней воды при осенне-зимнем использовании водных запасов. Как показывает анализ, режимы уровней воды в водоохранилище и его основные фазы по годам отличаются как по продолжительности, так и по срокам начала и окончания. В настоящее время наблюдается значительное сокращение продолжительности стабилизации уровня воды на отметке НПУ, которая в отдельные годы была в 2 раза меньше среднемноголетней величины. Так, в 2002 г. нормальный подпорный уровень имел продолжительность 53 при среднемноголетней стабилизации НПУ за 1959–2005 гг. – 105 сут. За период существования водоохранилища сработка уровня воды ниже минимально допустимого уровня (УМО) перед весенним наполнением наблюдалась в 32 годах из 49. Однако если в начальный период существования водоохранилища понижение уровня воды ниже УМО (кроме экстремально маловодного 1981 г.) носило эпизодический характер и его величина не превышала 0,15 м, то в последние годы оно происходит практически ежегодно, наибольшее понижение достигало 1,53 м [8].

Существенным обстоятельством, осложняющим работу водозаборов в меженные пери-

оды, обуславливающим повышенные попуски из водохранилища, является посадка уровней воды в р. Оби ниже плотины ГЭС. Этот процесс вызван как влиянием водохранилища, являющегося своего рода отстойником для твердого стока и поставляющего его в нижний бьеф осветленную воду, так и карьерными разработками песчано-гравийной смеси из русла реки для городских нужд. Посадка уровней по Новосибирскому водному посту, находящемуся на расстоянии 20 км ниже плотины, за период существования ГЭС составила 1,6 м и, несмотря на прекращение добычи песчано-гравийных материалов, продолжается. По прогнозам МГУ, к 2050 г. общая посадка уровней увеличится на 0,4–0,7 м. В связи с этим реконструкция оголовков водозаборов г. Новосибирска, исходя из водохозяйственных и экологических условий как верхнего, так и нижнего бьефов гидроузла, становится актуальной современной проблемой.

Опыт комплексного использования водных ресурсов Новосибирского водохранилища показал, что при современных и перспективных отборах воды в верхнем бьефе и повышенных попусках в нижний бьеф при обеспеченности по водности зимней межени более 60 % возможен дефицит водных ресурсов полезного объема водохранилища от 1,0 до 1,5 км³. В настоящее время это приводит к вынужденному понижению уровня водохранилища ниже предельно допустимого, что наносит ущерб как водохозяйственному его использованию, так и сформировавшимся экосистемам. Однако сегодня водные ресурсы водохранилища еще позволяют существенно улучшать санитарные условия реки в черте г. Новосибирска и обеспечивать бесперебойную работу городского водопроводного хозяйства специальными попусками в меженные периоды, поддерживать судоходные условия на участке реки Оби от г. Новосибирска до устья р. Томи. После создания водохранилища минимальные зимние расходы воды реки у Новосибирска увеличились с 90 до 450 м³/с, а навигационные расходы в период летне-осенней межени повысились с 750 до 1300 м³/с. Поэтому правомерна постановка вопроса о необходимости дополнительно зарегулирования стока верхней Оби в интересах многоотраслевого водохозяйственного комплекса.

Поскольку загрязнению в большей степени подвержены поверхностные воды, большое внимание при организации водоснабжения уделяется подземным водам. В связи с этим в прибрежной зоне Новосибирского водохранилища созданы многие водозаборы, в том числе питьевого назначения, не только за счет поверхностных, но и подземных вод. Гидрогеологические условия, сформировавшиеся в береговой полосе в результате подпора подземных вод, – следствие, по существу, негативное – оказалось возможным использовать в водохозяйственных целях, а именно: для получения питьевой воды и для технического водоснабжения из подземных инфильтрационных источников без организации биологической и механической очистки, что необходимо при организации водозаборов из поверхностных вод. Однако в большинстве подземных вод, используемых для питьевых целей, наблюдаются дефицит фтора, повышенная минерализация (более 1000 мг/дм³), жесткость (более 7 мг-экв/дм³), значительное содержание натрия, бора, железа, марганца. Поэтому обеспечение населения качественной питьевой водой из подземных источников остается первоочередной задачей. Города и населенные пункты, находящиеся на территориях, тяготеющих к водохранилищу, пока стремятся обеспечить питьевое водоснабжение за счет поверхностных вод.

Химический состав воды в водохранилище по содержанию главных ионов определяется стоком р. Оби и имеет четко выраженный сезонный характер: более высокое относительное содержание растворенных солей наблюдается в зимнее время, более низкое – в весенне-летний период. Во все сезоны преобладающими являются НСО₃⁻-ионы, содержание которых колеблется в пределах 75–180 мг/дм³ (30–45 %-экв. от суммы ионов). Основную часть катионов в воде водохранилища составляют ионы Са²⁺ (30–80 мг/дм³) (25–38 %-экв.). Содержание ионов Mg²⁺ колеблется в пределах 2–15 мг/дм³ (6–15 %-экв.). Жесткость воды в водохранилище умеренная: 4,5–5,5 мг-экв./дм³ зимой и 2,3–2,8 мг-экв./дм³ весной [9]. В многолетнем ряду наблюдений не выявлено существенных различий в содержании главных ионов по акватории водохранилища. На формирование режима биогенных элементов в верхней части водохра-

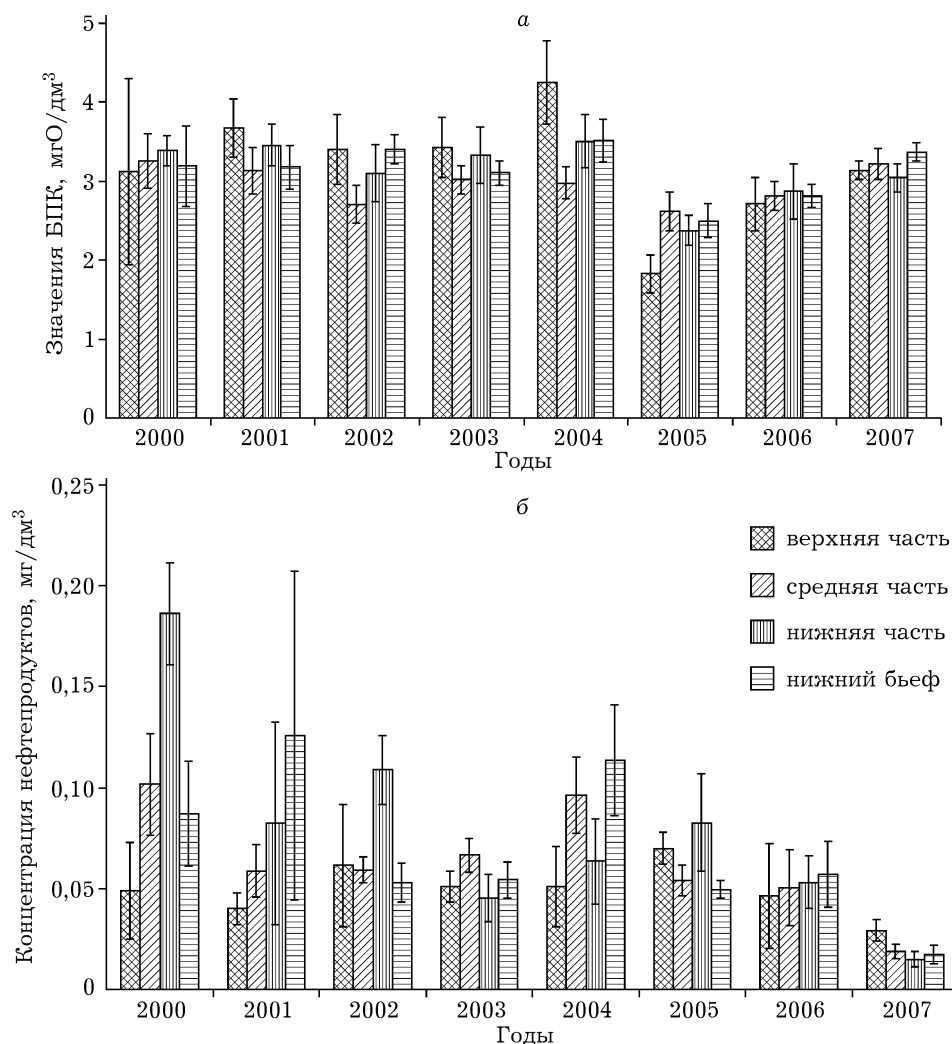


Рис. 2. Изменение концентраций химических веществ по акватории Новосибирского водохранилища: а – легкоокисляемые органические вещества (ПДК 3 мгО/дм³); б – нефтепродукты (ПДК 0,05 мг/дм³)

нилища основное влияние оказывает гидрохимический сток р. Оби, а на остальной акватории содержание биогенных элементов определяется внутриводоемными процессами. В отдельные гидрологические сезоны вода в водохранилище загрязняется нефтепродуктами, фенолами, а также нитритами и соединениями, содержащими ионы аммония. К настоящему времени в сравнении с начальной стадией существования водоема содержание органических веществ, определяемых по величинам ХПК и BPK₅, возросло в 1,4 и 1,6 раз соответственно. В воде, донных осадках и гидробионтах всех уровней, включая рыб, обнаружены соединения тяжелых металлов (железо, марганец, медь, никель, хром, свинец), концентрации которых в отдельных случаях существенно превышают

предельно допустимые [9]. Нами исследована многолетняя динамика основных химических показателей качества воды Новосибирского водохранилища по его протяженности (верхняя, средняя и нижняя части и нижний бьеф) [2, 3, 9].

Изменение концентраций изученных показателей гидрохимического стока р. Оби на участке Новосибирского водохранилища часто не выходит за рамки ошибки (на рис. 2 приведены стандартные отклонения) и характеризуется относительной стабильностью в пространственном (по акватории) и во временном (в течение ряда лет) аспектах. Анализ изменения качества воды Новосибирского водохранилища в разные по водности годы методами кластерного и дисперсионного анализа [6, 7] показал, что независимо от вод-

ности года химический состав воды водохранилища определяется сезонными факторами, которые, в свою очередь, обуславливают приток воды и изменение объема водохранилища. В работе [10] представлены для примера среднемесячные значения химических ингредиентов в воде Новосибирского водохранилища в характерном по водности многоводном 2002 г. и детально рассмотрены результаты кластерного анализа концентраций химических веществ в воде водохранилища для года средней водности (1992 г.), мало- (1997 г.) и многоводного (2000 г.). Сезонный фактор весьма существен для формирования химического состава воды водохранилища в многоводные периоды года. Влияние этого фактора, по-видимому, становится менее значительным в периоды маловодья, когда в различных частях водохранилища на формирование химического состава воды возрастает воздействие внутриводоемных процессов, а также локального поступления химических веществ с территорий водосбора водохранилища. Пространственные изменения концентраций химических ингредиентов вдоль продольной оси водохранилища наиболее часто наблюдаются в гидрологические сезоны с более низкими коэффициентами водообмена: зимой (среднемноголетний коэффициент водообмена, $k = 1,04$), летом ($k = 1,3$), осенью ($k = 1,08$). В меньшем числе случаев эти изменения происходят во время весенних паводков ($k = 3,1$). Причем эти изменения не зависят от водности года в целом [11].

В рамках работы по оценке роли Новосибирского водохранилища в формировании качества воды по его протяженности проведено сравнение потоков химических веществ во входном створе и нижнем бьефе водоема (рис. 3). Как видно, в нижнем бьефе по сравнению с входным створом происходит снижение потоков веществ, определяющих химический состав воды. Увеличение потока наблюдается для нефтепродуктов в летний и осенний периоды, что может быть связано с судоходством, а также с влиянием сбросов сточных вод городов Искитима и Бердска в залив р. Бердь (приплотинная часть водохранилища).

Качество вод, поступающих с собственного водосбора водохранилища, требует самого пристального внимания. Абразионные процессы в береговой зоне, обусловленные вет-

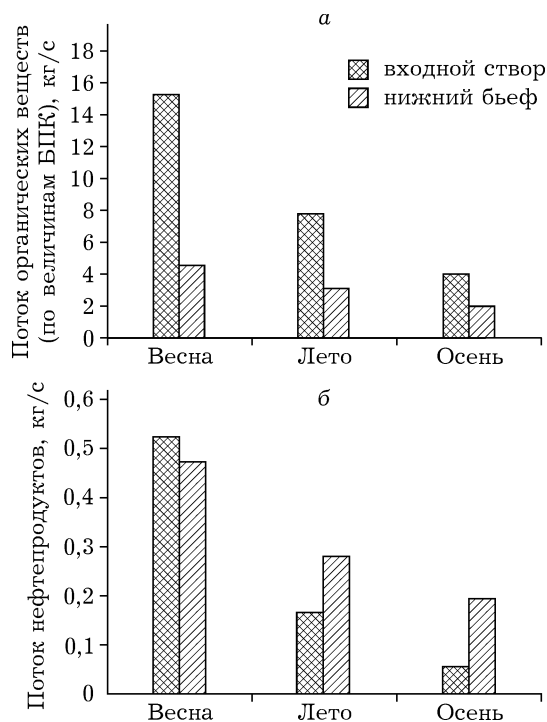


Рис. 3. Динамика потоков (кг/с) химических веществ по акватории Новосибирского водохранилища в характерные маловодные годы. а – легкоокисляемые органические вещества; б – нефтепродукты

роловым воздействием, вызвали отступление берега, сложенного легкоразмываемыми карбонатными суглинками, на отдельных участках нижней озеровидной части водохранилища до 500 м. Общая протяженность размываемых берегов в настоящее время составляет 400 км, ежегодное отступление берегов в нижней части 5–7 м, потери земель составляют около 25 км².

Поступление вместе с продуктами обрушения берегов различных химических элементов оказывает негативное влияние на качество воды в водохранилище. Кроме того, широко используется водоем в рекреационных целях: в его береговой зоне расположено более 400 санаториев, профилакториев и баз отдыха, развиты водный спорт и туризм. Тысячи граждан Новосибирска, Кемерово, Томска, Барнаула и Омска в летний период отдыхают на берегах и акватории водохранилища, что приводит к дополнительному загрязнению воды. Поэтому условия формирования качества воды в водохранилище тесно связаны с организацией водоохраных зон

и поддержанием на этих территориях нормативного режима. Это относится и к участку р. Оби ниже плотины ГЭС, где осуществлено и продолжается массовое строительство.

ВЫВОДЫ

Для поддержания качества воды в Новосибирском водохранилище в нормативном состоянии особую актуальность приобретают мероприятия по организации водоохраных зон, содержанию их в надлежащем состоянии, что ограничит поступление в водохранилище загрязняющих веществ с его собственного водосбора. Улучшение экологической ситуации связано также с защитой берегов от ветроволновой абразии.

Особенности многолетних изменений гидролого-гидрохимического режима водохранилища существенно влияют на формирование водных экосистем, процессы эвтрофирования водоема, его биопродуктивность и качество воды. Для обеспечения устойчивого хозяйственно-питьевого водоснабжения полуторамиллионного г. Новосибирска, городов и поселков области, а также в связи с наметившимися противоречиями между отдельными участниками сложившегося водохозяйственного комплекса водохранилища, особенно между энергетическим его использованием и рыбным хозяйством, необходимы разработка и реализация бассейновой государственной программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савкин В. М. Эколого-географические изменения в бассейнах рек Западной Сибири (при крупномасштабных водохозяйственных мероприятиях). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2000. 152 с.
2. Двуреченская С. Я., Савкин В. М., Смирнова А. И., Булычева Т. М. Динамика гидролого-гидрохимических характеристик экосистемы Новосибирского водохранилища // Сиб. экол. журн. 2001. № 2. С. 231–236.
3. Савкин В. М., Двуреченская С. Я., Орлова Г. А., Булычева Т. М. Формирование гидролого-гидрохимического режима верхней Оби на участке Новосибирского водохранилища в условиях изменения природно-техногенной ситуации // Там же. 2003. № 2. С. 171–179.
4. Руководство по химическому анализу вод суши / под ред. А. Д. Семенова. Л.: Гидрометеоиздат, 1973.
5. ГОСТ 17.1.3.07-82 "Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков".
6. StatSoft, Inc. Электронный учебник по статистике. М., StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>, 2001.
7. Плохинский Н. А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970.
8. Савкин В. М. Современный гидрологический режим Новосибирского водохранилища в сравнении с многолетним // Гидрология и гидроэкология Западного Урала. Пермь: Изд-во ГОУ ВПО Пермский гос. университет, 2006. С. 3–12.
9. Васильев О. Ф., Савкин В. М., Двуреченская С. Я., Попов П. А. Водохозяйственные и экологические проблемы Новосибирского водохранилища // Водные ресурсы. 1997. № 24. С. 581–589.
10. Двуреченская С. Я. О влиянии сезонного фактора на формирование качества воды Новосибирского водохранилища в условиях изменения природно-техногенной ситуации // Сиб. экол. журн., 2006. № 2. С. 803–808.
11. Двуреченская С. Я. Исследование изменчивости гидрохимического режима по акватории Новосибирского водохранилища // География и природ. ресурсы. 2007. № 4. С. 74–79.

Influence of Perennial Changes of the Hydrologo-Hydrochemical Regime of the Novosibirsk Water Reservoir on the Ecological Conditions of Water Management

V. M. SAVKIN, S. Ya. DVURECHENSKAYA

*Institute of Water and Ecological Problems SB RAS, Novosibirsk Affiliation
630090, Novosibirsk, Morskoy ave., 2
E-mail: savkin@ad-sbras.nsc.ru, dvur@ad-sbras.nsc.ru, dvur@iwep.nsc.ru*

The possibilities to use the Novosibirsk Water Reservoir for water-supply management, including drinking water supply to the megapolis and the surrounding territories are considered. The features of the perennial formation of the hydrologo-hydrochemical regime and its influence on the ecological conditions of water consumption were revealed.

Key words: water reservoir, water management complex, drinking water supply, ecological conditions, water protection zones.