

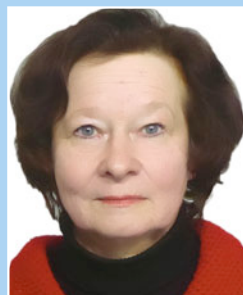
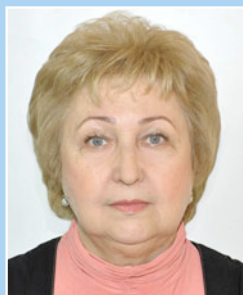
УДК 504.455

ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ЗА ПЕРИОД С 1979 ПО 2014 ГОДЫ)

© 2016 г. Е.Е. Лобченко, Л.И. Минина, И.П. Ничипорова,
О.А. Первышева

ФГБУ «Гидрохимический институт», г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: Цимлянское водохранилище, формирование поверхностных вод, антропогенное воздействие, режим биогенных веществ, загрязняющие вещества, эвтрофирование.



Е.Е. Лобченко

Л.И. Минина

И.П. Ничипорова

О.А. Первышева

На единой методико-методологической основе выполнен анализ многолетней гидрохимической информации государственной сети наблюдений Росгидромета, позволяющий оценить изменение содержания характерных для Цимлянского водохранилища загрязняющих веществ за период 1979–2014 гг. Изучена динамика легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) и органических веществ (по ХПК), а также изменение среднесезонных концентраций аммонийного, нитритного, нитратного азота и фосфатов, наиболее активно участвующих в жизнедеятельности водных организмов, т. к. для Цимлянского водохранилища характерно обусловленное появлением синезеленых водорослей «цветение». Концентрации этих биогенных элементов в воде в значительной степени зависят от интенсивности протекающих в водных объектах биологических процессов. Показано, что для содержания органических веществ, минеральных форм азота и фосфора в воде Цимлянского водохранилища характерны сезонные колебания, а их повышение может способствовать усилению его эвтрофирования.

Для оценки качества воды использовалось сравнение полученных данных с величинами предельно допустимых концентраций. Проведена комплексная оценка динамики качества воды Цимлянского водохранилища в наиболее под-

верженных антропогенным влияниям створах. Предложены направления совершенствования системы мониторинга Цимлянского водохранилища в условиях сложившейся сложной гидрологической ситуации, обусловленной чередой лет (с 2010 по 2014 гг.) маловодья в бассейне Дона, предусматривающие совмещение пунктов гидрохимических, гидробиологических наблюдений с гидрологическими постами. С учетом того, что большая роль в формировании качества воды Цимлянского водохранилища принадлежит внутриводоемным процессам трансформации химических веществ и их перераспределению с точки зрения функционирования и устойчивости водной экосистемы водохранилища, подчеркнута важность изучения процессов обмена в системе вода – донные отложения.

Цимлянское водохранилище по объему наполнения и площади водного зеркала является одним из крупнейших в степной части юга России и Российской Федерации. Оно имеет вытянутую форму с северо-востока на юго-запад. Площадь водохранилища 2700 км², длина 281 км, объем 23,7 км³. Водохранилище расположено на территории Ростовской и Волгоградской областей. По его берегам размещено значительное количество хозяйственных объектов: порты, причалы и пристани, железнодорожные и автомобильные мосты, нефтебазы, водозаборы для орошения, рыбозаводы и рыболовческие хозяйства, дома отдыха, турбазы, охотничьи хозяйства и заказники. Площадь водосбора водохранилища в створе плотины составляет 255 тыс. км² (60,4 % всего бассейна), в т. ч. 46 тыс. км² приходится на боковую приточность, которая включает 25 рек длиной от 10 до 369 км, причем 8 рек имеют длину более 100 км. Самыми крупными притоками являются реки Чир и Иловля. Водосборная площадь боковых притоков, непосредственно впадающих в водохранилище, расчленена сетью балок на множество межбалочных водоразделов, характеризующихся несимметричным строением. Затопленные устьевые части рек Цимла, Чир и Россось образуют самые большие заливы Цимлянского водохранилища [1].

Наполнение водохранилища происходит в основном за счет стока талых вод весеннего половодья с водосборной площади бассейна Дона, а также боковой приточности впадающих в водохранилище рек – Карповка, Донская Царица, Мышковка, Чир, Есауловский Аксай, Курмоярский Аксай, Цимла и др.

На всем побережье водохранилища преобладающим является каштановый тип почв. Эти почвы образуют как самостоятельные контуры, так и комплексы с солонцами, содержание которых колеблется от 10 до 50 % и более. Почвы в значительной степени эродированы. В зависимости от слагающих покровных пород (лессовидных суглинков и песков) преобладает водная или ветровая эрозия.

Для Цимлянского водохранилища характерно заиление, обусловленное взвешенными и влекомыми наносами, поступающими как по руслу Дона, так и из примыкающих к водохранилищу рек, ручьев и балок; материалом переработки берегов, характер которого зависит от морфологии и геолого-литологического строения склонов речной долины, ветрового и волнового воздействий. За время функционирования Цимлянского водохранилища на дно оседало в среднем около 15,8 млн м³ ила в год [2]. На верхнем участке водохранилища донные отложения накапливаются главным образом за счет наносов, поступающих по Дону, а на центральном и приплотинном участках – преимущественно за счет материала обрушения и переформирования берегов.

Значительное влияние на формирование гидрохимического режима Цимлянского водохранилища оказывают поступление химических веществ с атмосферными осадками, поверхностным и подземным стоком, а также внутриводоемные процессы (абразия берегов, продукция и деструкция органических веществ, седиментация и диффузия из донных отложений). В современных условиях наиболее важными являются гидрологический и антропогенный факторы.

Актуальность надежной оценки качества поверхностных вод бассейна Цимлянского водохранилища и его изменения в перспективе под влиянием все возрастающей хозяйственной деятельности продолжает обостряться в связи с явным проявлением изменений как в региональных, так и глобальных климатических характеристиках, способных привести к гидрологическим изменениям речного стока, его распределению во времени и пространстве. В свою очередь изменение гидрологических характеристик неизбежно скажется и на формировании гидрохимического режима рек, находящихся в условиях влияния сточных вод предприятий промышленности.

Цимлянское водохранилище, расположенное на развитой промышленно-аграрной территории, подвержено антропогенным воздействиям: с притоками воды в него поступает значительное количество загрязняющих веществ, в т. ч. органических и биогенных, способствующих эвтрофикации водоема. В свою очередь эвтрофирование вызывает изменение структуры гидробиоценоза и ухудшение качества воды, способствует дополнительному образованию органических веществ в экосистеме. Эти процессы вызывают нарушение кислородного режима водоема и создают условия для интенсивного развития патогенной микрофлоры и синезеленых водорослей – продуцентов токсичных галогенметанов. Нарушение режима растворенного в воде кислорода приводит к нарушению процессов трансформации загрязняющих веществ в водоеме.

Гидрохимическая сеть Росгидромета на Цимлянском водохранилище ведет наблюдения на пяти пунктах III категории [3], обуславливающей еже-

месячный отбор проб воды и химический анализ в среднем по 24–30 ингредиентам и показателям качества воды. При анализе гидрохимических данных используются параметрические и непараметрические статистические характеристики. Характерными загрязняющими веществами Цимлянского водохранилища в течение длительного времени являются органические вещества (по БПК₅ и ХПК), соединения меди, в отдельные годы соединения железа; у с. Ложки и х. Красноярский с 2007 г. к ним добавились фенолы, нитритный азот и соединения цинка (рис. 1) [4]. Концентрации большинства из них колебались в пределах: среднегодовые 2–3 ПДК [5, 6], максимальные 2–6 ПДК, в отдельные периоды 2007–2014 гг. концентрации нитритного азота достигали 7–9 ПДК. Повторяемость случаев превышения ПДК составила 50–100 % отобранных проб. С 2011 по 2014 гг. среднегодовое содержание соединений железа (с. Ложки, х. Красноярский) и цинка было на уровне или незначительно превышало ПДК. В воде водохранилища у с. Ложки в 2009–2010 гг. фиксировали единичные случаи высоких концентраций нефтепродуктов до 30–38 ПДК.



В Цимлянском водохранилище ежегодно отмечается обильное «цветение» воды, обусловленное появлением синезеленых водорослей, с развитием которых связано и изменение содержания растворенного в воде кислорода. С одной стороны, кислород продуцируется водорослями при фотосинтезе, с другой – потребляется при разложении органического вещества отмершего фитопланктона.

Содержание в воде органических веществ является одним из наиболее важных показателей качества поверхностных вод, их образование, трансформация, распад и минерализация оказывают существенное влияние на изменение химического состава поверхностных вод, в т. ч. и на изменение концентраций минеральных форм азота и фосфора. Анализ среднегодовых величин органических веществ по БПК₅ и ХПК в многолетнем плане свидетельствует о постоянном их наличии в воде Цимлянского водохранилища в концентрациях, превышающих предельно допустимые (рис. 2).

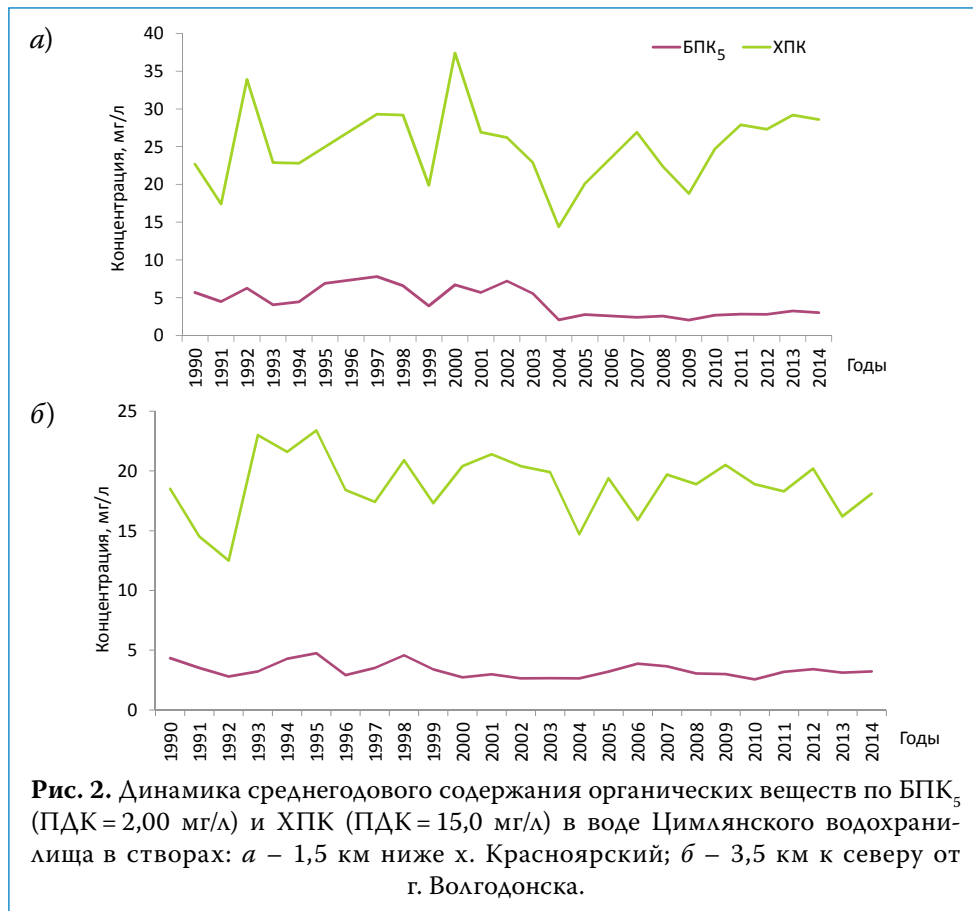


Рис. 2. Динамика среднегодового содержания органических веществ по БПК₅ (ПДК = 2,00 мг/л) и ХПК (ПДК = 15,0 мг/л) в воде Цимлянского водохранилища в створах: а – 1,5 км ниже х. Красноярский; б – 3,5 км к северу от г. Волгодонска.

В 2014 г. в воде большинства наблюдаемых створов водохранилища содержание легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅), превышение нормативов которыми в два раза отмечали в 83–100 % отобранных проб, не изменилось. Возросла повторяемость случаев превышения ПДК органическими веществами (по ХПК) до 93–98 % в большинстве створов, не измени-

лась и составила 100 % проб у с. Ложки и х. Красноярский, среднегодовые концентрации колебались в пределах 1–2 ПДК, максимальные достигали 3 ПДК у х. Красноярский.

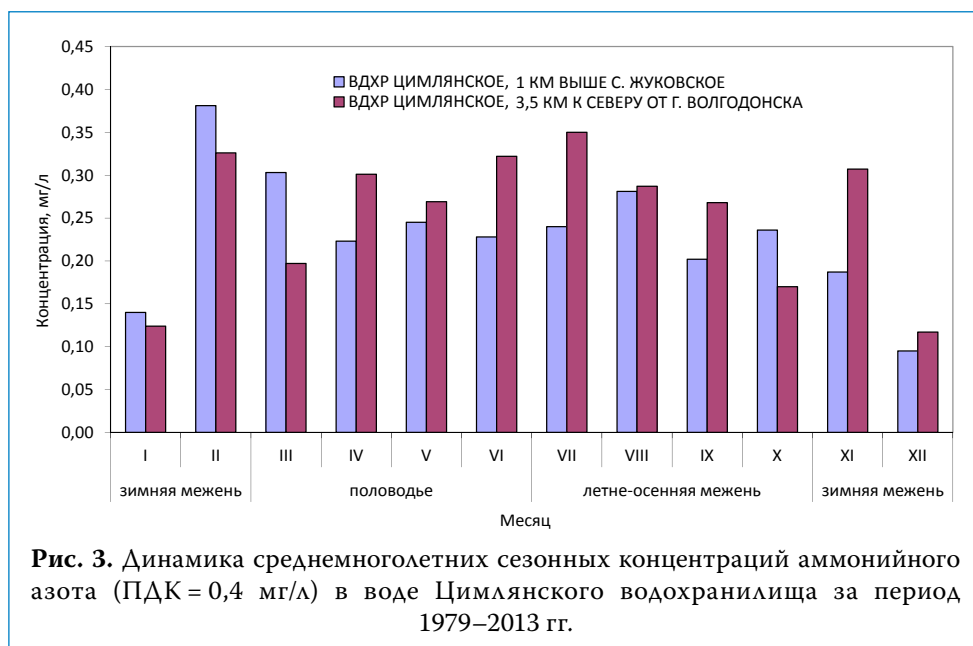
Режим биогенных веществ в водохранилище определяется стоком Дона, интенсивностью биологического распада органических веществ и процессов жизнедеятельности водных организмов. Ежегодно с водосборной площади в водохранилище поступают десятки тонн азота и фосфора. Существенную роль играет поступление биогенных элементов с абразивным материалом, эти два фактора обуславливают интенсивность процессов эвтрофирования.

Распределение аммонийного азота в незагрязненных поверхностных водах, называемое классическим, характеризуется понижением концентраций весной и в начале лета в период интенсивной фотосинтетической деятельности фитопланктона, повышением концентраций в конце лета – начале осени при усилении процессов бактериального разложения органических веществ в периоды отмирания водных организмов, особенно в зонах их скопления: в придонном слое водоема, слоях повышенной плотности фито- и бактериопланктона. В осенне-зимний период повышение содержания аммонийного азота связано с продолжающейся минерализацией органических веществ в условиях слабого потребления ионов аммония фитопланктоном и уменьшения скорости их биохимического окисления из-за низких температур.

Анализ динамики среднемноголетних сезонных концентраций аммонийного азота в воде Цимлянского водохранилища классической закономерности не показал: более низкие концентрации отмечены не только весной, но и в зимнюю межень. Повышенное содержание аммонийного азота в осенне-зимнюю межень, скорее всего, связано с продолжающейся минерализацией органических веществ в условиях слабого потребления фитопланктоном и в результате анаэробных процессов восстановления нитратов и нитритов, поступивших в водоем с бытовыми сточными водами и сточными водами предприятий пищевой, химической и других отраслей промышленности (рис. 3).

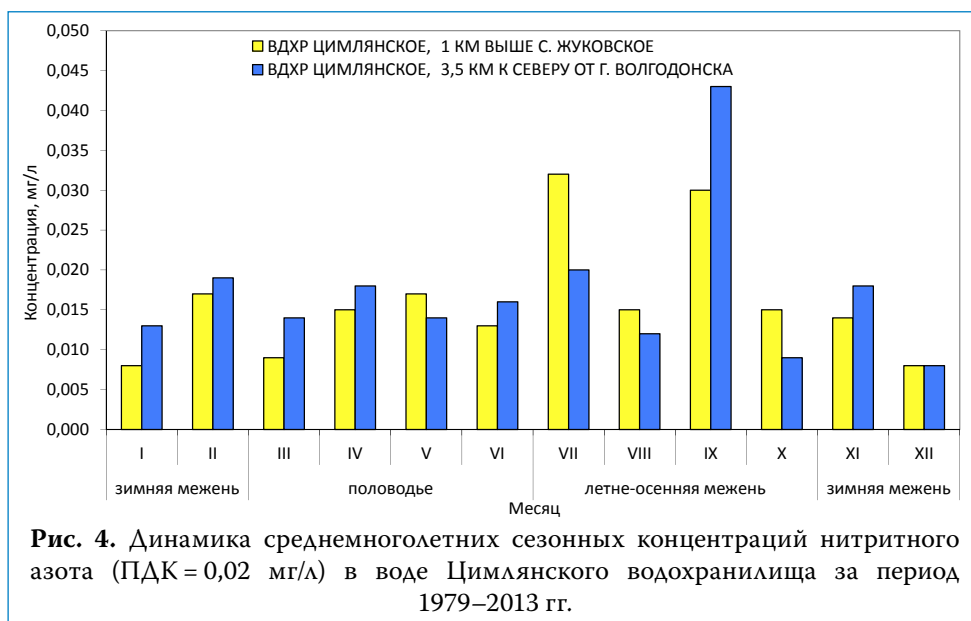
Среднегодовое содержание аммонийного азота в воде водохранилища в 2014 г. было ниже или в пределах ПДК, максимальные концентрации в большинстве створов незначительно превышали ПДК: у х. Красноярский – до 2 ПДК. Наблюдалось снижение повторяемости случаев превышения ПДК аммонийным азотом до 17–42 % отобранных проб.

Нитриты – неустойчивые компоненты поверхностных вод, промежуточный продукт биохимического окисления ионов аммония и восстановления нитратов. Появление нитритного азота в поверхностных водах связано с процессами минерализации органических веществ и нитрификации. Повы-



шенное содержание нитритов указывает на усиление процессов биохимического разложения органических остатков в условиях дефицита кислорода и является одним из критериев сильного загрязнения водного объекта. При благоприятных для окисления условиях в Цимлянском водохранилище содержание нитритного азота практически во все сезоны года не превышает сотых долей мг/л, в январе-декабре – тысячных долей мг/л. Повышенное содержание в июле, сентябре может быть связано с восстановлением нитратов, активностью фитопланктона, поскольку известна способность диатомовых и зеленых водорослей восстанавливать нитраты до нитритов. Несколько повышенная до 0,030–0,040 мг/л концентрация нитритного азота в июле и сентябре может быть результатом промежуточной стадии восстановления нитратов до нитритов в придонном слое водохранилища (рис. 4).

В 2014 г. отмечен рост среднегодового и максимального содержания нитритного азота в воде у с. Жуковское до 3 и 5 ПДК, севернее г. Волгодонска до 2 и 6,5 ПДК, а также увеличение повторяемости числа случаев превышения ПДК от 19 и 25 до 80 и 88 % отобранных проб соответственно. Присутствие нитратных ионов в Цимлянском водохранилище связано с рядом факторов и, в первую очередь, с процессами нитрификации – окислением аммонийных ионов под действием нитрифицирующих бактерий при среднегодовых концентрациях растворенного в воде Цимлянского водохранилища кислорода в пределах 6,63–10,7 мг/л.

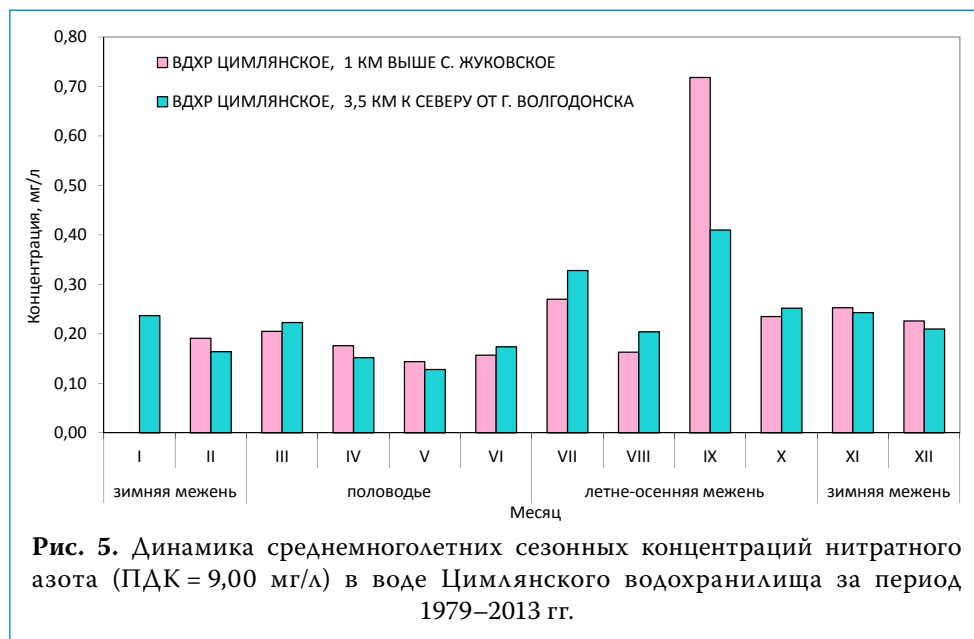


Важным источником наличия в поверхностных водах нитратного азота являются образующиеся при атмосферных электрических разрядах окислы минерального азота, которые с атмосферными осадками попадают в поверхностные воды. Значительное количество нитратов может попадать в поверхностные воды с промышленными и бытовыми сточными водами, особенно после их биологической очистки.

Для Цимлянского водохранилища характерно низкое содержание нитратного азота, вместе с тем в 2014 г. наблюдалась тенденция незначительного увеличения его среднегодового содержания до 0,593 мг/л в районе г. Волгодонска, до 0,801 мг/л у с. Жуковское, до 0,918 мг/л у с. Ложки. Низкие концентрации нитратов являются следствием их потребления при интенсивном «цветении» водоема и от того, какой из процессов (деструкция или продукция) превалирует, зависит характер режима растворенного в воде кислорода. Акватория верхней части водохранилища, так называемые Верхний и Чирский плесы, по режиму растворенного в воде кислорода на протяжении всего вегетационного периода достаточно благополучна. Это обусловлено высокой проточностью и, соответственно, аэрируемостью данного участка. Для района Потемкинского и Предплотинного плесов водохранилища, напротив, характерен напряженный кислородный режим: в отдельные годы глубокий дефицит растворенного в воде кислорода, его концентрация снижается до 1–2 мг/л при достаточно высокой концентрации (выше 4–5 мг/л) в поверхностном слое. Это является причиной возник-

новения заморозов рыбы на мелководных участках водохранилища с низким содержанием растворенного в воде кислорода (ниже 2 мг/л). Благодаря хорошему ветровому перемешиванию водных масс заморы рыб в Цимлянском водохранилище не носят хронического характера. Однако в случае продолжительного штиля происходит поднятие границ острого дефицита кислорода к поверхности воды даже в глубоководных заливах [7].

При анализе распределения многолетних данных по содержанию нитратного азота по сезонам года в воде Цимлянского водохранилища отмечено, что вегетационный период (весенне-летний сезон) характеризуется низкими значениями концентраций нитратного азота в пределах 0,128–0,204 мг/л (апрель–август), более высокие концентрации до 0,410–0,718 мг/л отмечены в сентябре, что связано с распадом органических веществ и переходом органических форм азота в минеральные. Повышенное содержание нитратного азота свидетельствует об ухудшении санитарного состояния водоема. Амплитуда его сезонных колебаний является одним из показателей эвтрофирования водоема и степени его загрязненности органическими азотсодержащими веществами, поступающими с бытовыми, промышленными и сельскохозяйственными сточными водами (рис. 5).



Фосфор – один из главных биогенных элементов, определяющих продуктивность водоема. Соединения фосфора встречаются во всех живых организмах и регулируют энергетические процессы клеточного обмена.

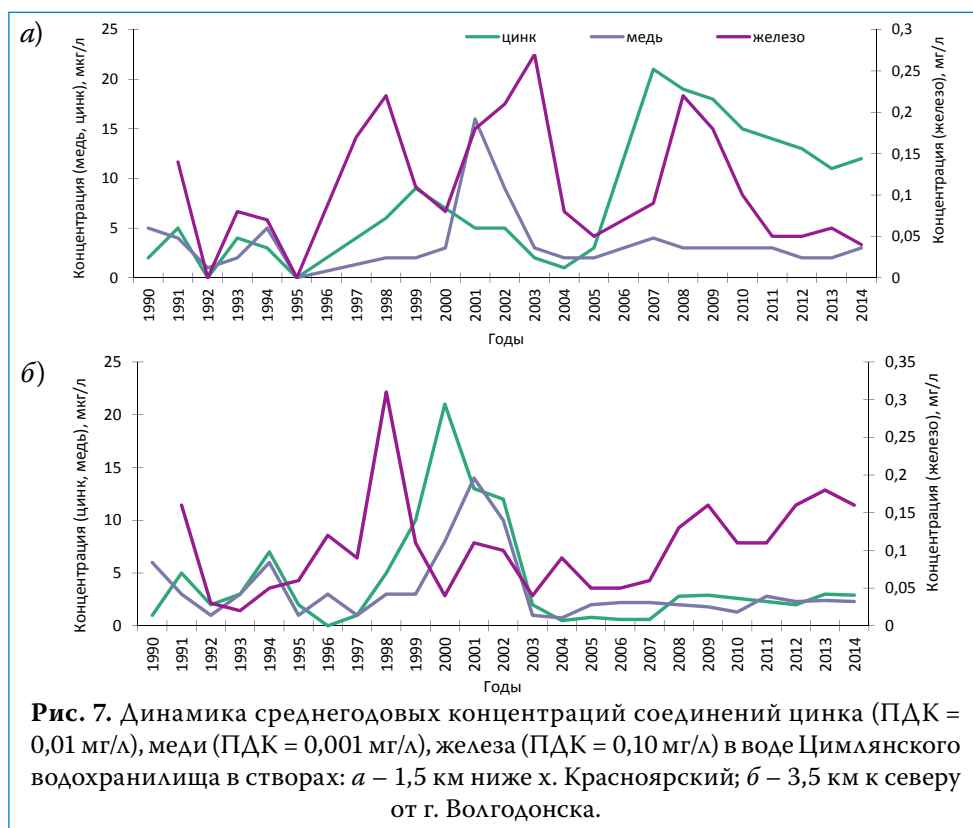
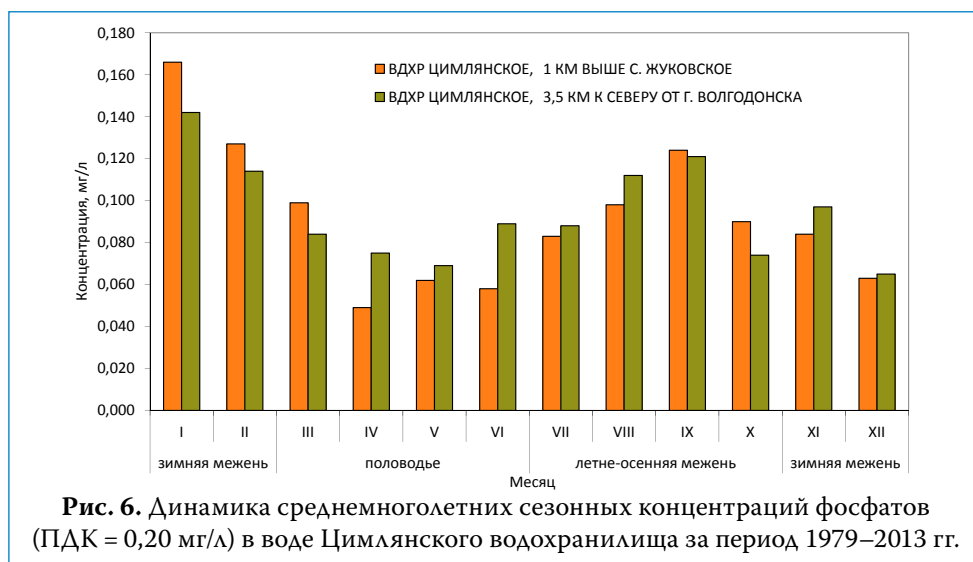
В поверхностные воды они поступают в результате процессов жизнедеятельности и посмертного распада водных организмов, выветривания и растворения пород, содержащих ортофосфаты, обмена с донными отложениями, а также с поверхности водосбора. Одним из важных факторов повышения содержания соединений фосфора в воде Цимлянского водохранилища является хозяйственная деятельность. Источниками поступления этих соединений в поверхностные воды становятся широко применяемые фосфорные удобрения, полифосфаты, содержащиеся в моющих средствах, флотореагентах и умягчителях воды. Органические и минеральные соединения фосфора образуются при биологической переработке бытовых сточных вод и пищевых отходов, а также промышленных стоков в процессах биологической очистки. В поверхностных водах они находятся в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях. Под влиянием происходящих в естественных водоемах физических, химических и биологических процессов достаточно легко осуществляются переходы соединений фосфора из одной формы в другую.

Растворенный фосфор представляет собой неорганические орто-, пиро-, мета- и полифосфаты, органические фосфаты. Взвешенный фосфор также может быть неорганического (фосфорсодержащие минералы) и органического происхождения. По сравнению с другими биогенными элементами фосфор значительно быстрее переходит из органических в минеральные формы. Поскольку фосфор является элементом, лимитирующим развитие водных организмов, оценка его концентрации в поверхностных водах и характер распределения имеют большое значение при определении настоящей и потенциальной биологической продуктивности водоема.

Содержание фосфатов в воде Цимлянского водохранилища хорошо сочетается с классическими сезонными колебаниями: минимальные концентрации 0,084–0,088 мг/л определяли в весенне-летний период, максимальные 0,142–0,166 мг/л в осенне-зимний (рис. 6).

В большинстве створов Цимлянского водохранилища в течение последних трех лет отмечалась незначительная тенденция увеличения среднегодового содержания фосфатов: от 0,071–0,123 мг/л в 2011 г. до 0,108–0,136 мг/л в 2013 г.; в 2014 г. среднегодовые концентрации фосфатов мало изменились и составляли 0,086–0,129 мг/л, максимальная незначительно превышала ПДК у с. Ложки (2013 г. – 0,240 мг/л, 2014 г. – 0,282 мг/л).

Чтобы получить полную картину изменения содержания основных загрязняющих веществ в воде Цимлянского водохранилища, была изучена динамика за период 1990–2014 гг. среднегодовых концентраций соединений цинка, меди, железа у наиболее загрязненных пунктов на акватории водохранилища (рис. 7). В разные годы наиболее высокие среднегодовые концентрации отмечены у х. Красноярский и в районе г. Волгодонска: соединений меди 16 и 14; железа 3 и 3; цинка 2 и 2 ПДК соответственно.



Наибольшая загрязненность воды соединениями меди отмечена в 2001–2002 гг. 15–24 ПДК, в остальные годы она не превышала 2–7 ПДК. Среднегодовые концентрации в 2009–2014 гг. мало изменялись и колебались в пределах 2–3 ПДК, за исключением 2011 г. у с. Жуковское (4 ПДК). В отдельные годы в Цимлянском водохранилище на участке пгт Нижний Чир – г. Волгодонск зафиксировано повышенное содержание в воде соединений железа, в среднем до 2–3 ПДК. Максимальная концентрация в 2013 г. достигала 8 ПДК у пгт Нижний Чир и 9 ПДК у с. Жуковское, в 2014 г. снизилась и не превышала 3 ПДК у пгт Нижний Чир.

К 2007 г. возросло содержание соединений цинка в воде водохранилища у с. Ложки и х. Красноярский в среднем до 2 ПДК, оставаясь на этом уровне до 2010 г., с 2011 по 2014 гг. снизилось до незначительно превышающего предельно допустимый уровень.

С 2003 по 2013 гг. преобладала тенденция увеличения среднегодового содержания в воде сульфатов в большинстве створов водохранилища от 52,4–82,4 мг/л в 2003 г. до 97,9–119 мг/л в 2013 г. и 65,3–116 мг/л в 2014 г. Максимальная концентрация в 2013 г. превышала ПДК, достигая 159 мг/л в створе 3,5 км севернее г. Волгодонска, в 2014 г. – 160 мг/л у пгт Нижний Чир. Содержание хлоридов в наблюдаемый период было низкое, незначительно колебалось, соединений магния в отдельные годы соответствовало ПДК (рис. 8).

Минерализация воды водохранилища в течение многолетнего периода была невысокой с незначительными колебаниями в большую или меньшую сторону, среднегодовые значения составляли 335–417 мг/л в 2003 г., 447–574 мг/л в 2013 г. и 383–549 мг/л в 2014 г. Наибольшие максимальные значения регистрировали в 2011 г. у х. Красноярский (839 мг/л), в 2014 г. у с. Ложки (742 мг/л).

Комплексная оценка качества воды [8] Цимлянского водохранилища по гидрохимическим показателям свидетельствует о том, что, исходя из многолетних данных, наименее загрязненной вода большинства наблюдаемых створов водохранилища была в 2003–2005 гг. и характеризовалась 2 классом качества («слабо загрязненная»). С 2006–2007 гг. качество воды ухудшилось до 4 класса разряда «а» («грязная») у с. Ложки и х. Красноярский, в остальных створах до 3 класса в основном разряда «б» («очень загрязненная»). В 2014 г. отмечено незначительное улучшение качества воды у с. Ложки, в результате чего вода из разряда «грязная» перешла в разряд «очень загрязненная».

Критический уровень [8] устойчивости загрязненности воды наблюдался по нитритному азоту и нефтепродуктам в 2009 г. у с. Ложки; легкоокисляемым органическим веществам (по БПК₅) и нитритному азоту в 2003 г., нитритному азоту в 2011 г. у х. Красноярский, среднегодовые (максимальные) концентрации которых составляли 3 (9) и 8 (38), 3 (3) и 8 (39), 3 (9) ПДК

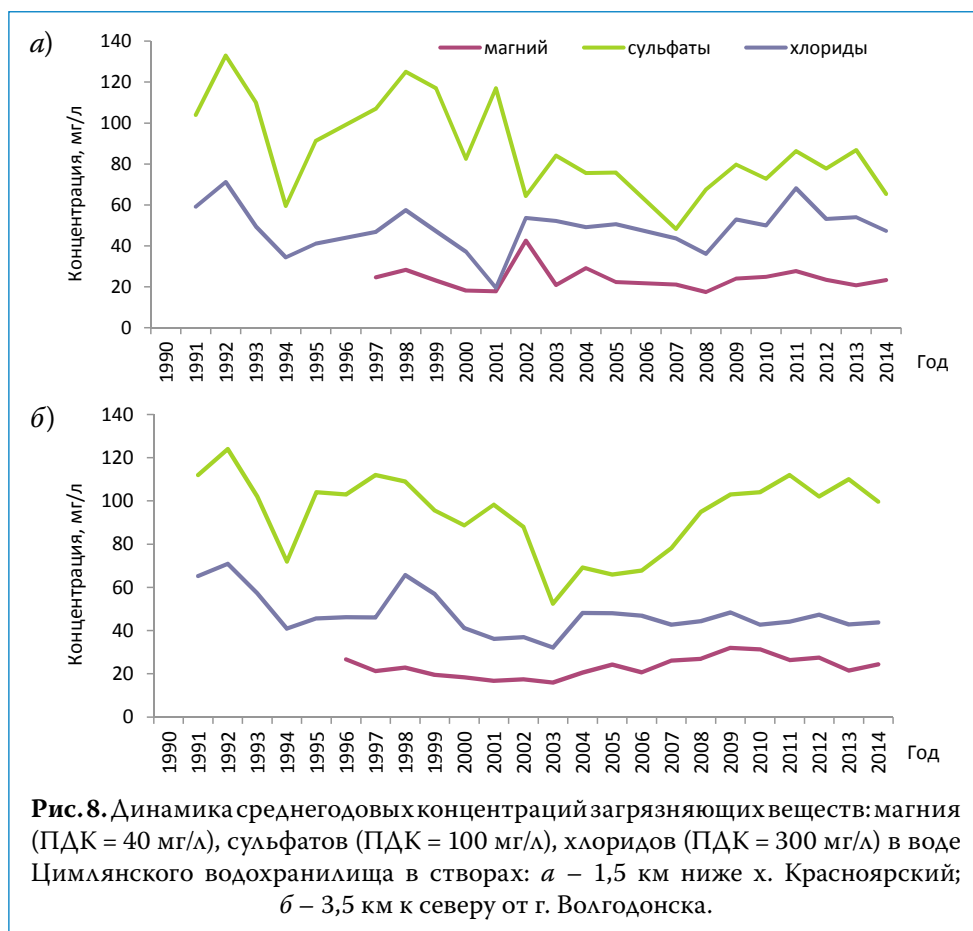


Рис. 8. Динамика среднегодовых концентраций загрязняющих веществ: магния (ПДК = 40 мг/л), сульфатов (ПДК = 100 мг/л), хлоридов (ПДК = 300 мг/л) в воде Цимлянского водохранилища в створах: *а* – 1,5 км ниже х. Красноярский; *б* – 3,5 км к северу от г. Волгодонска.

соответственно. В течение многолетнего периода наблюдений периодически отмечали случаи высокого загрязнения, последний был зарегистрирован в 2009 г. по нефтепродуктам в с. Ложки.

Менее загрязнено в 2014 г. Цимлянское водохранилище было в створе 3,5 км севернее г. Волгодонска, где вода характеризовалась как «очень загрязненная». Характерными загрязняющими веществами являлись легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅), соединения меди, железа, нитритный азот, среднегодовые концентрации которых не превышали 2 ПДК, максимальные 2–6,5 ПДК при повторяемости случаев превышения ПДК 75–98 % отобранных проб. Загрязненность органическими веществами (по ХПК) и сульфатами была в пределах или незначительно превышала 1 ПДК. Незначительное превышение ПДК отмечали по аммонийному азоту в 17 % проб. Значения минерализации колебались в пределах 415–480 мг/л.

Сульфиды и сероводород, определяемые до 2001 г., в последующие годы в Цимлянском водохранилище не обнаружены.

Режим растворенного в воде кислорода был удовлетворительным, минимальная концентрация его в 2014 г. не снижалась ниже 6,40 мг/л (в створе ниже пгт Нижний Чир). Хлорорганические пестициды в воде Цимлянского водохранилища не выявлены.

Уникальность экологической системы р. Дон в том, что формирование речного стока происходит за счет водотоков, расположенных на территории нескольких субъектов Российской Федерации: Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Тамбовской, в нижнем течении Ростовской областей. На территории Ростовской области поверхностные воды бассейна испытывают негативное влияние сточных вод многочисленных предприятий, расположенных в верхнем течении реки в пределах Российской Федерации, а также загрязненных вод после интенсивного использования трансграничных водных объектов Харьковской, Донецкой и Луганской областей.

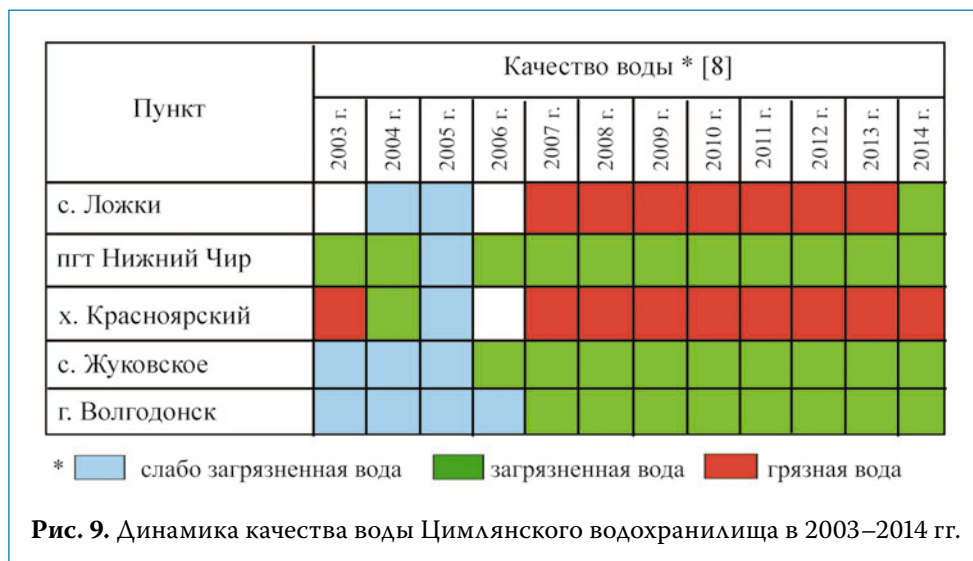
Для всех питающих Дон рек типично весеннее половодье и очень маловодная межень в остальную часть года. Пик весеннего половодья проходит обычно в апреле-мае. 2014 гидрологический год характеризовался как маловодный, ввиду неустойчивой зимы сроки половодья были очень изменчивы, ниже нормы. За период весеннего половодья в Цимлянское водохранилище поступило 5,9 км³ воды, что составило 53 % нормы при среднем многолетнем показателе 11,1 км³. Запас воды в снеге на территории Донского бассейна выше Цимлянского водохранилища также был ниже нормы на 46 % и несколько ниже запасов воды в снеге в 2013 г. [9].

Происходящие в последнее десятилетие климатические изменения оказывают негативное влияние на формирование водного режима рек бассейна Дона, величину их годового и межennaleго стока, высоту весеннего половодья и другие гидрологические характеристики. Бассейн Дона – развитый в хозяйственном отношении регион Европейской территории России, относится к территориям, где происходящие климатические изменения проявляются особенно заметно. Естественный режим формирования речного стока большинства рек бассейна нарушен хозяйственной деятельностью. В период после 1970 г. по настоящее время отмечается устойчивое снижение максимальных расходов воды на территории бассейна Верхнего Дона [10]. Также неуклонно сокращается объем стока в половодье в целом в бассейне Дона [11]. Нарушение гидроэкологической безопасности в бассейне Дона связано с наступлением ряда маловодных лет, а также прохождением зимних и весенних паводков до основной волны половодья [12, 13].

Маловодье отдельных рек не представляет большой угрозы, но в бассейне Дона маловодье продолжалось с 2010 по 2014 гг., что обусловило сложную

гидрологическую ситуацию. С уменьшением водности в годы маловодья за счет снижения разбавляющей и трансформирующей способности потока увеличиваются концентрации загрязняющих веществ не только в воде, но и в донных отложениях водных объектов, куда поступают загрязняющие вещества со сточными водами многочисленных предприятий, расположенных в бассейне Дона.

В данной работе было оценено изменение уровня загрязненности воды Цимлянского водохранилища в многолетнем плане, поскольку содержание загрязняющих веществ в водохранилище теснейшим образом зависит от водного режима питающих его рек (рис. 9).



В настоящее время гидрохимический режим Цимлянского водохранилища формируется под влиянием смыва с водосбора, подсланевых вод маломерного флота, сброса недостаточно очищенных сточных вод предприятий Цимлянского и Волгодонского, рыбного и сельского хозяйства [14].

Цимлянское водохранилище имеет исключительное значение для Южного региона. Одной из главных целей его создания было обеспечение транспортной глубоководной магистрали между Волгой и Азовским морем. После зарегулирования Дона в 1952–1999 гг. экосистема бассейна функционировала преимущественно в условиях средне-маловодного, а в весеннее время – исключительно маловодного типа стока. В 1950-е годы сток Дона сократился из-за интенсивной хозяйственной деятельности: забор воды осуществлялся на орошение, обводнение, а также на переброску в бассейны других рек. В настоящее время водохозяйственную обстановку

усугубляет высокая плотность населения и его неравномерное размещение на территории Нижнего Дона.

Цимлянское водохранилище – большая открытая экосистема, подвергающаяся непрерывному воздействию различных экологических факторов окружающей среды. Ветровая и водная эрозия ежегодно меняют конфигурацию водохранилища, его площадь, глубину, воздействуют на животный и растительный мир. Обрушающаяся почва уменьшает глубину водохранилища, что приводит к увеличению площади всего водохранилища и создает условия для дальнейшего размыва берегов на фоне незначительного течения, которое не в состоянии вымыть донные отложения и органические вещества, что в свою очередь замедляет процессы самоочищения и приводит к заиливанию. Заиливание создает благоприятные условия для эвтрофирования не только Цимлянского водохранилища, но и всего бассейна, т. к. донные отложения скапливаются в устьях малых рек и озерных проток.

Основным фактором, влияющим на состояние и динамику экосистемы Цимлянского водохранилища, является антропогенный, включающий транспортную, мелиоративную, энергетическую, бытовую составляющую и др. Основная площадь орошаемых земель расположена в Ростовской области. Энергетика представлена Цимлянской ГЭС и Ростовской АЭС. После спада экономики в 1990-е годы к настоящему времени потребление воды в регионе вновь возросло, дефицит по-прежнему существует и продолжает расти. В связи с этим, наряду с определением водного стока в условиях глобального потепления необходим прогноз динамики качества воды в бассейне Дона в целом и, как его неотъемлемой части, Цимлянского водохранилища.

Большую роль в формировании качества воды Цимлянского водохранилища играют внутриводоемные процессы трансформации химических веществ и их перераспределение в водной экосистеме. С точки зрения функционирования и устойчивости водной экосистемы наиболее важны процессы обмена в системе вода – донные отложения. Известно, что часть растворенных в воде химических веществ, в т. ч. токсичных и опасных, выводится из водной толщи, сорбируясь на взвешенных веществах и донных отложениях. Вследствие происходящих в воде гидродинамических процессов, а также судоходства, дноуглубительных работ другая часть химических веществ поступает в водную толщу, приводя к вторичному загрязнению воды.

Программой Государственной сети наблюдений (ГСН) Росгидромета предусмотрен отбор проб воды в Цимлянском водохранилище в придонном слое в с. Жуковское и г. Волгодонске. К сожалению, из-за отсутствия транспортных средств с 1995 по 2014 гг. пробы воды в придонном слое и пробы донных отложений не отбирались. Отсутствие очень ценной информации по содержанию растворенного в воде придонного слоя кислорода,

как индикатора возможного появления заморов в водохранилище на мелководных участках, значительно снижает роль и значимость мониторинга Цимлянского водохранилища.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ многолетней гидрохимической информации за период 1979–2014 гг. показал, что качество воды Цимлянского водохранилища ухудшалось до 2008–2009 гг., в последние годы стабилизировалось в большинстве створов на уровне 3 класса разряда «б», у х. Красноярский – 4 класса разряда «а», незначительно улучшилось в 2014 г. у с. Ложки до 3 класса разряда «б» («очень загрязненная»). К характерным загрязняющим веществам воды водохранилища, у которых повторяемость в году числа случаев превышающих ПДК концентраций составляет более 50 % отобранных проб, относились органические вещества (по БПК₅ и по ХПК), соединения металлов (меди, на отдельных участках в разные годы цинка, железа), фенолы, нитритный азот. Следует отметить, что соединения меди, цинка, железа с изменением гидрологических условий могут вымываться из донных отложений и взвешенных веществ, увеличивая тем самым уровень загрязненности воды водохранилища.

Проведенные исследования показали: решение задач рационального использования водных ресурсов бассейна Дона, включая Цимлянское водохранилище, связано с изучением пространственно-временных закономерностей изменения качества воды в тесной взаимосвязи с сезонной изменчивостью водного стока, содержанием в воде загрязняющих веществ, из которых наиболее важное значение имеет уровень концентраций соединений минерального азота и фосфора. Существующая сеть и периодичность гидрохимических наблюдений на Цимлянском водохранилище не позволяют обеспечить достаточный объем информации для проведения фундаментальных исследований происходящих изменений, включая процессы самоочищения.

Проводимая в последние годы оптимизация Государственной сети наблюдений Росгидромета предусматривает закрытие отдельных пунктов наблюдений на водных объектах, изменение программ наблюдений (в худшем варианте – уменьшение числа определяемых химических веществ), сокращение частоты отбора проб воды и т. д. Недостаточность финансирования в предыдущие годы уже сказалась на уменьшении частоты отбора проб воды и, соответственно, на уровне оценки динамики качества воды Цимлянского водохранилища, в т. ч. и на наиболее загрязненных участках. В связи с этим целесообразно возобновить наблюдения на притоках Цимлянского водохранилища – реках Чир (устье); Курмоярский Аксай (устье); р. Цимла (устье), где гидрохимические наблюдения не проводились в 1996–1999 гг. и окончательно были прекращены с 2001 г.

Необходимо, на наш взгляд, совместить пункты гидрохимических наблюдений с гидрологическими постами, обеспечивающими данными не только по расходам и скорости течения воды, распределению годового водного стока в различные фазы гидрологического режима, но и данными сезонного водного стока наносов, гранулометрического состава наносов, донных отложений и взвешенных веществ.

Следует расширить программу проведения наблюдений по гидрохимическим показателям отбора проб воды в придонном слое, проб донных отложений как в водохранилище, так и в реках, впадающих в него, установив периодичность и сроки проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях в соответствии с требованиями нормативных документов [5].

Уровень содержания органических веществ в Цимлянском водохранилище связан не только с антропогенными факторами, но и с их поступлением с водосборной площади, осадками в виде дождя и снега. С целью выявления роли биохимических процессов в балансе минеральных форм азота, фосфора, органических веществ целесообразно в бассейне Цимлянского водохранилища наряду с гидрохимическими организовать гидробиологические и токсикологические наблюдения.

Развитие системы мониторинга Цимлянского водохранилища обеспечит получение репрезентативной, своевременной и адресной информации о текущем состоянии и тенденциях изменения уровня загрязненности воды, позволит прогнозировать состояние водной экосистемы как с точки зрения эвтрофирования, так и изменения загрязненности воды в многолетнем плане. Комплексный подход необходим не только для определения уровня воздействия антропогенных факторов на экосистему Цимлянского водохранилища, но и для формирования направлений ее оздоровления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панов В.Д., Лурье П.М., Ларионов Ю.А. Климат Ростовской области вчера, сегодня, завтра. Р.-на-Д.: Донской издательский дом, 2006. С. 59–61.
2. Шаврак Е.И., Фесенко Л.Н., Генераленко И.А. Оценка перспектив использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища // Экология и промышленность России. 2011. Сентябрь. С. 32–36.
3. РД 52.24.309-2011. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. Р.-на-Д. 2011. 58 с.
4. Никаноров А.М., Минина Л.И., Лобченко Е.Е., Ничипорова И.П. Динамика качества поверхностных вод юга России // Водное хозяйство России. 2013. № 6. С. 57–72.
5. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 27 апреля 2003 г.

6. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Утв. приказом Росрыболовства № 20 от 18.01.2010. Зарег. в Минюсте РФ 09.02.2010, № 16326. М.: ВНИРО, 2011. 213 с.
7. Вода России. Водохранилища / под ред. А.М. Черняева. ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, 2001. 700 с.
8. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. 49 с.
9. Экологический вестник Дона. О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2014 г. Р.-на-Д. 2015. 379 с.
10. Дмитриева А.В. Экстремальная водность как фактор нарушения гидроэкологической безопасности в бассейне Верхнего Дона // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 2 (59). С. 12–18.
11. Киреева М.Б., Фролова Н.Л. Современные особенности весеннего половодья рек бассейна Дона // Водное хозяйство России. 2013. № 1. С. 60–76.
12. Лурье П.М., Панов В.Д. Влияние изменений климата на гидрологический режим р. Дон в начале XXI столетия // Метеорология и гидрология. 1999. № 4. С. 90–100.
13. Коронкевич Н.И., Зайцева И.С., Барабанова Е.А. Экстремальные гидрологические ситуации и мероприятия по защите от них [Электр. ресурс] // Труды XIV съезда РГО. 2010. Т. III. Ч. 2. С. 165–168 [CD-ROM].
14. Водная экосистема Нижнего Дона: многолетние изменения качества воды. СПб.: Гидрометеиздат, 2006. С. 79–82.

Сведения об авторах:

Лобченко Евгения Ефимовна, канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Гидрохимический институт» Росгидромета (ФГБУ ГХИ), Россия, 344090, Ростов-на-Дону, просп. Стачки, 198; e-mail: ghi@novoch.ru

Минина Лидия Ивановна, канд. хим. наук, заместитель директора по научной работе, ФГБУ «Гидрохимический институт» Росгидромета (ФГБУ ГХИ), Россия, 344090, Ростов-на-Дону, просп. Стачки, 198; e-mail: l.minina@gidrohimi.com

Ничипорова Ирина Павловна, старший научный сотрудник, ФГБУ «Гидрохимический институт» Росгидромета (ФГБУ ГХИ), Россия, 344090, Ростов-на-Дону, просп. Стачки, 198. e-mail: ghi@novoch.ru

Первышева Ольга Александровна, научный сотрудник, ФГБУ «Гидрохимический институт» Росгидромета (ФГБУ ГХИ), Россия, 344090, Ростов-на-Дону, просп. Стачки, 198; e-mail: ghi@novoch.ru