

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Проведен комплексный анализ степени загрязненности воды в Цимлянском водохранилище (ЦВ) и питающих его основных водотоках в период 2000-2009 гг. Рассмотрены особенности пространственной, межгодовой и сезонной динамики изменения качества водных ресурсов. Идентифицирован вклад отдельных веществ в загрязнение воды ЦВ. Установлены ингредиенты, представляющие наибольшую опасность для экосистемы ЦВ.

Введение

Цимлянское водохранилище (ЦВ) – один из крупнейших искусственных водоемов юга России, созданный в 1952 г. в русле р. Дон. На базе ЦВ существует сложный водохозяйственный комплекс, успешное функционирование которого возможно только при соответствующем качестве водных ресурсов. Информационное обеспечение Федерального агентства водных ресурсов по вопросам состояния и использования ЦВ осуществляет Федеральное государственное учреждение «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища» (ФГУ «УВРЦВ»). В аккредитованной гидрохимической лаборатории ФГУ «УВРЦВ» в основные фазы водного режима определяется более 40 показателей качества воды. Измерения проводятся в 22 створах, равномерно распределенных по всей территории ЦВ. В настоящей работе в соответствии с [1] проведена комплексная оценка степени загрязненности воды в водохранилище и питающих его водотоках за период 2000-2009 гг. Перечень рассматриваемых ингредиентов включал в себя 15 веществ, наиболее характерных для поверхностных вод всей территории Российской Федерации: растворенный кислород, органическое вещество, характеризующееся величиной БПК₅, фенолы, нефтепродукты, нитриты, нитраты, азот аммонийный, фосфаты, хлориды, сульфаты, железо, медь, цинк, марганец, никель. Рассмотрены пространственно-вре-

Е.И. Шаврак*,

кандидат технических наук, доцент, кафедра Инженерной экологии, Волгодонский инженерно-технический институт, Национальный исследовательский ядерный университет (МИФИ)

Л.Н. Фесенко,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Водное хозяйство предприятий и населенных мест», Южно-Российский государственный технический университет (НПИ), Новочеркасск



менные особенности изменения качества воды ЦВ. Установлен вклад отдельных загрязнителей в этот процесс. В качестве исходной информации использованы данные гидрохимической лаборатории ФГУ «УВРЦВ» за 2000-2009 гг.

Результаты и их обсуждение

Характеристика степени загрязненности воды в питающих ЦВ реках.

В водном питании водохранилища главную роль играет сток р. Дон (до 93 %) и незначительную (6,6 %) – малые реки. Их гидрографическая сеть (от Калача-на-Дону до плотины Цимлянского гидроузла) состоит из 24 притоков, наиболее значительные из которых Чир, Аксай Курмоярский, Аксай Есауловский, Цимла [2]. Различные почвенно-климатические условия и антропогенная нагрузка на территории водосборов рек обуславливают особенности качественных показателей их водных ресурсов.

Качество воды в водотоках в рассматриваемый период 2000-2009 гг. отличалось нестабильностью. Это проявляется, в том числе, в количестве присутствующих в воде загрязняющих ингредиентов. В целях оценки дина-

* Адрес для корреспонденции: npi-ecology@rambler.ru

мики комплексности загрязнения были определены коэффициенты комплексности загрязненности воды (ККЗВ). ККЗВ соответствует процентному соотношению между количеством определенных в результате анализа пробы воды нормируемых показателей, превышающих значение ПДК, и общим количеством рассматриваемых показателей качества воды. Этот коэффициент широко используется в сетевых подразделениях Росгидромета при характеристике антропогенного воздействия на водные объекты [1, 3]. Его увеличение свидетельствует о появлении в воде новых загрязняющих веществ. На *рис. 1* показана динамика изменения усредненных значений ККЗВ для основных водотоков ЦВ за 2000-2009 гг.

Согласно *рис. 1*, для всех водотоков характерен высокий уровень загрязненности по ком-

И.А. Генераленко,
начальник отдела
водопользования,
Федеральное
государственное
учреждение
«Управление водными
ресурсами
Цимлянского
водохранилища»

плексу компонентов. Концентрации более половины от общего количества ингредиентов, наиболее характерных для поверхностных вод России, превышают нормативные значения. Относительно в меньшей степени комплексность проявляется в водах рр. Дон и Чир. Динамика показателя ККЗВ свидетельствует о незначительном снижении комплексности загрязнения вод малых рек в последние годы. Не удалось установить существенные взаимосвязи между величинами ККЗВ для отдельных водотоков. Вероятной причиной этого могут являться специфические особенности территорий водосборов Дона и малых рек.

Оценка качества воды с учетом вклада каждого из ингредиентов, входящих в комплекс загрязнителей, проводилась нами с помощью удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) [1]. При этом для всех ингредиентов были последовательно рассчитаны значения обобщенных оценочных баллов, учитывающие одновременно значения наблюдаемых концентраций и частоту обнаружения случаев превышения ПДК. Установлены критические показатели, вносящие наибольший вклад в загрязненность воды; найдены значения УКИЗВ и определены классы качества воды. Результаты исследований за период 2000-2009 гг. показаны на *рис.2*.

В соответствии со значениями УКИЗВ, представленными на *рис. 2*, качество воды в р. Чир и р. Дон в 2000-2009 гг. соответствует 3 классу Б, очень загрязненная [1]. Маловодные притоки (Аксай Курмоярский, Аксай Есауловский, Цимла) характеризуются более напряженной экологической обстановкой, качество воды в них отвечает 4 классу – грязная. Необходимо отметить, что наибольшая стабильность химического состава в рассматриваемый период отмечалась у донской воды.

Так как УКИЗВ является наиболее информативным комплексным показателем качества поверхностных вод, используемым в настоящем исследовании [1], на основании усредненных значений УКИЗВ за 2000-2009 гг. проведено ранжирование впадающих в ЦВ рек в порядке увеличения степени их загрязненности. Они располагаются следующим образом: Дон, Чир, Цимла, Аксай Есауловский, Аксай Курмоярский. Наиболее загрязненным водотоком в рассматриваемый период являлся Аксай Курмоярский.

Пространственные особенности изменения качества воды в водохранилище.

Генетически различные воды основных водотоков ЦВ, попадая в водохранилище, создают в нем сложную гидрологическую структуру.

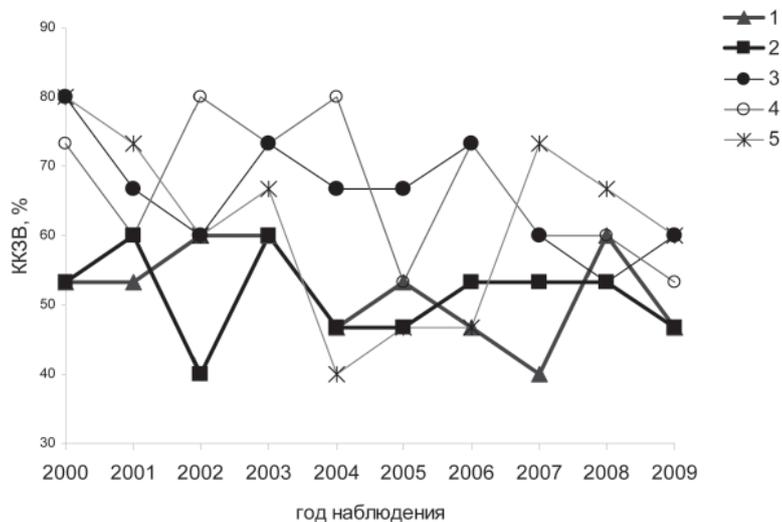


Рис. 1. Динамика изменения комплексности загрязненности основных водотоков ЦВ. 1 – Дон, 2 – Чир, 3 – Аксай Есауловский, 4 – Аксай Курмоярский, 5 – Цимла.

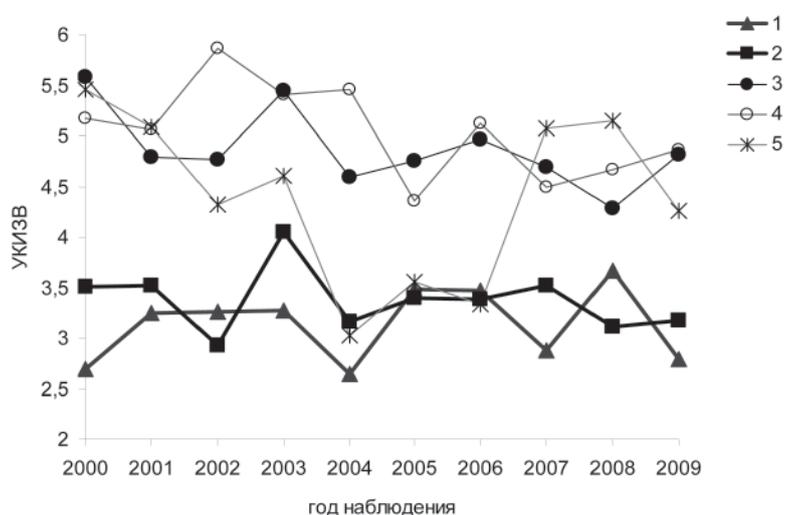


Рис. 2. Динамика изменения УКИЗВ для основных водотоков ЦВ. 1 – Дон, 2 – Чир, 3 – Аксай Есауловский, 4 – Аксай Курмоярский, 5 – Цимла.

Это способствует пространственной неоднородности качества воды. Для оценки этой неоднородности нами определялись значения УКИЗВ за период 2000-2009 гг. для всех основных створов ЦВ. На карте-схеме (рис. 3), отражающей изменение степени загрязненности акватории ЦВ, показаны усредненные за последние 10 лет значения УКИЗВ для основных водотоков и участков ЦВ.

Трансформации речных водных масс р. Дон и малых рек в верхних районах и приустьевых заливах ЦВ способствуют уменьшению загрязненности воды вследствие осаждения речных наносов и соосаждения с ними некоторой части железа и марганца. Как следствие, происходит уменьшение степени загрязненности воды ЦВ и, соответственно, показателя УКИЗВ, при движении от верхнего бьефа водохранилища (г. Калач-на-Дону) к нижнему. В наибольшей степени процессы самоочищения воды ЦВ проявляются в приустьевом заливе р. Чир и верхней части приплотинного участка. Здесь наблюдается уменьшение показателя УКИЗВ в среднем на 0,4 по сравнению с предыдущими створами.

Необходимо отметить локальное ухудшение качества воды ЦВ по сравнению с вышерасположенными створами на двух участках – в районе Аксая Курмоярского и вблизи г. Волгодонск. Как было установлено выше,

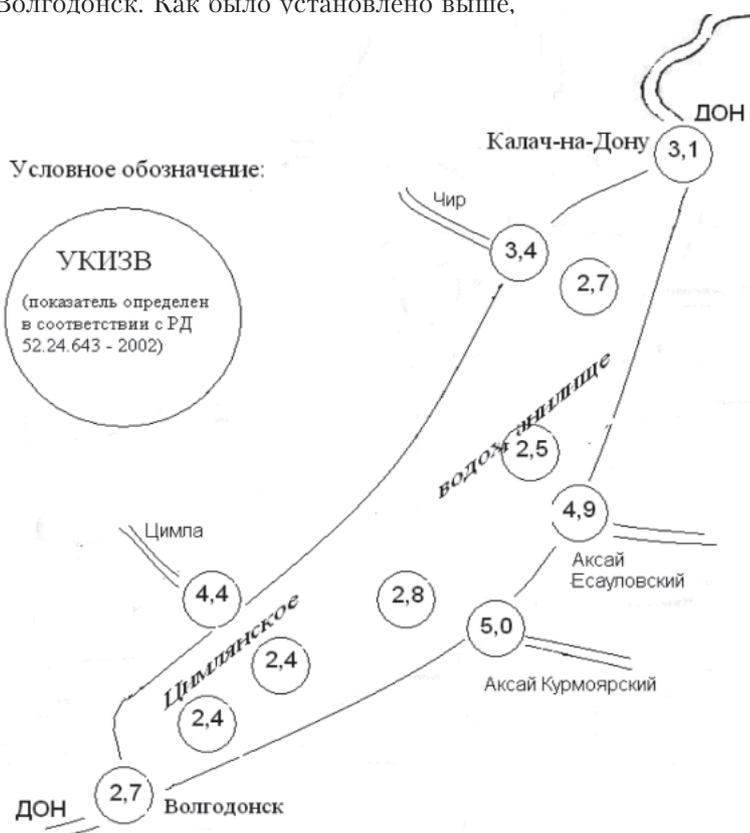


Рис. 3. Карта-схема степени загрязненности воды ЦВ и питающих его водотоков в 2000-2009 гг.



Аксай Курмоярский являлся наиболее загрязненным притоком ЦВ в рассматриваемый период. Очевидно, с этим связано снижение качественных показателей воды на первом участке.

Одной из причин ухудшения качества воды в районе г. Волгодонск является сброс в ЦВ неочищенных ливневых стоков с территории города в количестве 3-5 млн м³ в год [4]. Поступление загрязнения в непосредственной близости от нижнего бьефа уменьшает эффект самоочищения воды в ЦВ, способствует ухудшению качества водоснабжения в Волгодонске и на Нижнем Дону.

Межгодовые колебания загрязненности воды ЦВ. Выше было установлено, что несмотря на колебания степени загрязненности донской воды на протяжении последних 10 лет она соответствовала 3 классу Б, очень загрязненная. Для оценки межгодовых колебаний качества воды в водохранилище нами рассмотрены показатели УКИЗВ в верхнем и нижнем бьефах ЦВ за 2000-2009 гг., представленные на рис. 4.

Присутствует определенная согласованность в изменении значений УКИЗВ в рассматриваемых створах. Ухудшение или улучшение качества воды в верхнем створе почти всегда находит свое отражение в аналогичных изменениях в нижнем створе. Основным отличием вод ЦВ от вод Верхнего Дона является их лучшее качество. Степень загрязнения воды в нижнем бьефе ЦВ в течение 7 лет из 10 рассматриваемых ниже, чем в верхнем бьефе. Исключение составил 2007 г., когда степень загрязненности воды при прохождении ее по водохранилищу увеличилась. Качество воды в нижнем бьефе ЦВ преимущественно соответствует 3 классу А, загрязненная.

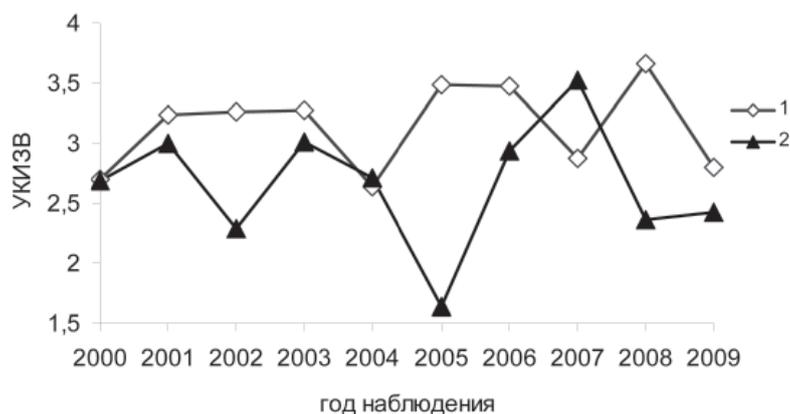


Рис. 4. Межгодовые колебания показателя загрязненности воды ЦВ. 1 – верхний бьеф, 2 – нижний бьеф.

Сезонные особенности изменения качества воды.

Характеристики химического состава воды в водохранилище имеют выраженную синоптически обусловленную изменчивость. В весеннее половодье наблюдается снижение солесодержания воды. В теплое время года интенсификация продукционно-деструкционных процессов приводит к изменению содержания в воде биогенных элементов [5]. Усиленная техногенная нагрузка на водохранилище в период судоходства способствует загрязнению воды нефтепродуктами.

При оценке сезонных особенностей изменения качества воды ЦВ использовали показатель комплексности загрязнения ККЗВ [1]. Анализ его значений для разных вертикалей ЦВ выявил ухудшение качества воды ЦВ преимущественно в осеннее время. На рис. 5 показана сезонная динамика изменения ККЗВ в одной из вертикалей приплотинного участка – вертикаль 19, г. Цимлянск.

До 2004 г. наименьшая комплексность загрязнения воды в районе г. Цимлянск наблю-

далась в весеннее время (апрель). В летне-осенний период происходило увеличение количества загрязняющих веществ в воде за счет нефтепродуктов и биогенных элементов. С 2005 г. сезонные различия между ККЗВ уменьшаются при одновременном ухудшении качества воды в весеннее время. Причиной этого является загрязнение воды в приплотинном участке органическими веществами, поступающими в ЦВ с ливневыми стоками г. Волгодонск.

Идентификация вклада отдельных ингредиентов в ухудшение качества воды ЦВ.

Качество воды ЦВ зависит от множества факторов, в том числе от характеристики впадающих в ЦВ водотоков, внутриводоемных процессов, антропогенного воздействия. Для управления этими факторами необходимо определение приоритетных направлений водоохранной деятельности, ведущих к максимальному снижению загрязнения воды ЦВ. Установление приоритетов основывается, в том числе, на информации о значимости вклада отдельных веществ в ухудшение качества воды. При проведении комплексной оценки были установлены 9 основных загрязнителей воды ЦВ. Это железо, марганец, медь, азот аммонийный и нитритный, фосфаты, сульфаты, органические вещества. Кроме того, отмечено нарушение нормативов по содержанию в воде растворенного кислорода, проявляющееся в снижении его концентрации.

С целью установления вклада ингредиентов в формирование качества воды были рассмотрены величины их обобщенных оценочных баллов, используемые ранее при расчете УКИЗВ, для основных фаз водного режима периода 2000-2009 гг. для всех вертикалей ЦВ. Чем больше балл, тем с большей частотой и в большей степени наблюдается крат-

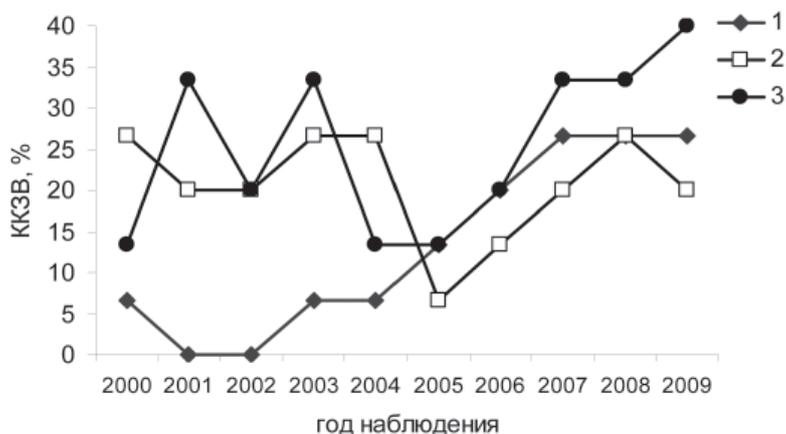


Рис. 5. Сезонная динамика изменения ККЗВ в приплотинном участке ЦВ. 1 – весна, 2 – лето, 3 – осень.

Таблица 1

Обобщенные оценочные баллы для комплекса показателей качества воды ЦВ (В – верхний бьеф, Н – нижний бьеф)

год	Обобщенные оценочные баллы для ингредиентов																				
	железо		марганец (Mn ²⁺)		медь (Cu ²⁺)		сульфаты		нефтепродукты		БПК ₅		фосфаты		NH ₄ ⁺		NO ₂ ⁻		кислород		
	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В
2000	-	-	-	9,5	9	12	4	-	6,7	12,8	8	6	4,1	-	3,7	-	3,9	-	1,0	-	
2001	4		12,1	11,8	9,6	8,5	-	-	8,6	11,2	3,3	3,3	4,1	-	-	6	3,1	6	3,8	4,1	
2002	-	5,9	9,1	-	9,1	9	4,4	4,4	8,1	-	4,6	8	4,1	-	2,8	4,1	3,6	-	3,1	2,9	
2003	5,2	-	11,8	-	5,8	6,4	4,5	4,8	5,7	8	6,1	8,4	-	-	3,4	5,6	5,8	6,5	1,0	5,5	
2004	5	5,6	11,8	12,2	-	-	4,6	2,8	6,2	7,8	4,9	8,1	3,3	-	-	-	3,8	4,1	-	-	
2005	7	-	11,8	6,9	-	-	3,3	-	8	6,8	8,2	7,8	5,2	-	3	3	5,7	-	-	-	
2006	-	-	11,8	12,2	10,5	7	4,5	2,8	8,5	8,4	8,2	8	-	-	-	-	4,7	5,7	3,8	-	
2007	-	5,8	12,4	10,1	8,5	7,9	-	3,6	8	5,9	6	6	4,5	-	-	8,4	-	-	3,7	5,1	
2008	8	3,4	10,5	10	8	5,2	3,9	4,6	8,1	7,2	4,8	5	5,3	-	4,1	-	-	-	2,4	-	
2009	5,2	3,4	9,5	8,7	8,5	8,1	5	5	5,6	-	5,6	5,4	-	5,8	-	-	-	-	2,5	-	
Среднее значение	3,4	2,4	10,1	8,1	6,9	6,4	3,4	2,8	7,4	6,8	6,0	6,6	3,1	0,6	1,7	2,7	3,1	2,2	2,1	1,8	
%	100	70	100	80	100	92	100	82	100	91	100	110	100	19	100	158	100	70	100	85	
ранг	6	4	10	10	8	7	5	6	9	9	7	8	4	1	1	5	3	3	2	2	



ность превышения ПДК для данного вещества в воде ЦВ. Для кислорода оценивается частота случаев уменьшения его концентрации ниже нормативной и кратность уменьшения по отношению к ПДК [1]. В табл. 1 приведены значения соответствующих показателей для верхнего и нижнего бьефов ЦВ. Из усредненных за рассматриваемый период данных, представленных в таблице, следует, что при прохождении по водохранилищу вода частично очищается от железа, марганца, меди, сульфатов, нефтепродуктов, фосфатов, нитритов. Свидетельством этому является уменьшение усредненных значений обобщенных оценочных баллов в нижнем бьефе по сравнению с верхним для железа на 30 %, для марганца на 20 %, для меди на 8 %, для сульфатов на 18 %, для нефтепродуктов на 9 %, для фосфора фосфатов на 81 %, для нитритов на 30 %. Одновременно с процессами очищения наблюдается увеличение загрязнения воды органическими веществами, характеризующимися величиной БПК₅, и аммонийным азотом. Это проявляется в увеличении значений их обобщенных оценочных баллов, соответственно, на 10 и 58 %. По данным табл. 1 осуществлена идентификация значимости отдельных ингредиентов для ухудшения качества воды ЦВ в рассматриваемый период. На основании полученных результатов проведено ранжирование веществ в соответствии с их вкладом в загрязнение. С увеличением вклада возрастает ранг ингредиента.

Все ингредиенты могут быть разделены на две группы. В первую входят 5 веществ, обуславливающих умеренную загрязненность воды: азот аммонийный, азот нитритный, фосфаты, сульфаты, железо. В эту же группу в соответствии со своим обобщенным оценочным баллом может быть отнесен кислород.

Во второй группе 4 вещества, формирующие более существенную характерную загрязненность. К ним относятся органическое вещество, характеризующееся величиной БПК₅, медь, нефтепродукты, марганец. В связи с высокой повторяемостью (50-100 % всех проб) и кратностью превышения ПДК (в 2-10 раз) вещества второй группы представляют наибольшую опасность для участников водохозяйственного комплекса ЦВ. Необходимо отметить, что марганец и медь чаще других загрязнителей имели значения обобщенных оценочных баллов больше 9, то есть, согласно [1], являлись критическими показателями, требующими приоритетных природоохранных мероприятий.

Все рассмотренные ингредиенты располагаются в порядке увеличения их вклада в ухудшение качества воды ЦВ следующим образом:

- ◆ входной створ ЦВ: азот аммонийный, кислород (нехватка), азот нитритный, фосфаты, сульфаты, железо, БПК₅, медь, нефтепродукты, марганец.
- ◆ выходной створ ЦВ: фосфаты, кислород (нехватка), азот нитритный, железо, азот аммонийный, сульфаты, БПК₅, медь, нефтепродукты, марганец.

Несмотря на то, что между входным и выходным створами имеются различия в рангах загрязнителей первой группы, вклад веществ второй группы в качество воды в верхнем и нижнем бьефе практически одинаков.

Заключение

В результате комплексной оценки установлено, что качество воды в питающих ЦВ водотоках соответствовало в рассматриваемый период 3 классу Б (очень загрязненная) и 4 классу (грязная). К критическим ингредиентам, более всего ухудшающим качество, относятся марганец и сульфаты. Самым загрязненным водотоком являлся Аксай Курмоярский.

Анализ пространственных особенностей гидрохимического режима ЦВ выявил участки загрязнения и самоочищения. Ухудшение качества происходит вблизи устья Аксая Курмоярского, а также в районе г. Волгодонск. Свидетельством этого является увеличение на этих участках, по сравнению с вышерасположенными створами, показателя УКИЗВ в среднем на 10 %. Рост загрязнения наблюдается преимущественно в осенний период. Снижение УКИЗВ и, соответственно, степени загрязненности воды ЦВ отмечено в приустьевом заливе р. Чир и верхней части приплотинного участка.

Качество воды в нижнем бьефе ЦВ в течение 7 лет из 10 рассматриваемых лучше, чем в верхнем бьефе. При прохождении по водохранилищу вода частично очищается от железа, марганца, меди, сульфатов, нефтепродуктов, фосфатов, нитритов. Установлено уменьшение усредненных значений обобщенных оценочных баллов в нижнем бьефе по сравнению с верхним для железа на 30 %, для марганца на 20 %, для меди на 8 %, для сульфатов на 18 %, для нефтепродуктов на 9 %, для фосфора фосфатов на 81 %, для нитритов на 30 %. Тем не менее, вода в ЦВ является загрязненной, соответствующей 3 классу А.

Проведено ранжирование ингредиентов по степени их вклада в ухудшение качества воды. Установлены четыре вещества, формирующих существенную характерную загрязненность ЦВ. К ним относятся органическое вещество, характеризующее величиной БПК₅, медь, нефтепродукты, марганец. В связи с высокой повторяемостью (50-100 % всех проб) и кратностью превышения ПДК (в 2-10 раз) эти вещества представляют наибольшую опасность для участников водохозяйственного комплекса ЦВ.

Ключевые слова:

Цимлянское водохранилище, экологическая опасность, загрязнение воды

Литература

1. РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Росгидромет. СПб.: Гидрометеиздат, 2003. 36 с.
2. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Цимлянское, водораздельные и Манычские водохранилища. СПб.: Гидрометеиздат, 1977. 204 с.
3. РД 52.24.309-92 Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Роскомгидромета. СПб.: Гидрометеиздат. 67 с.
4. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2008 году». Ростов-на-Дону.: Изд-во ООО «Синтез технологий», 2009. 300 с.
5. Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. СПб. 2004. 294 с.



E.I. Shavrak, L.N. Fesenko, I.A. Generalenko

PECULIARITIES OF WATER QUALITY VARIATION OF ZYMLIANSK RESERVOIR

Overall study of water quality of Zymliansk reservoir (ZR) and its streams has been carried out in the period of 2000-2009 years. Peculiarities of interannual, three-dimensional

and seasonal dynamics of water quality variation have been analyzed. Some certain substances contribution in water pollution has been determined. Agents being the most dangerous for Zymliansk

reservoir ecosystem have been assigned.

Key words: Zymliansk reservoir, ecological danger, pollution