

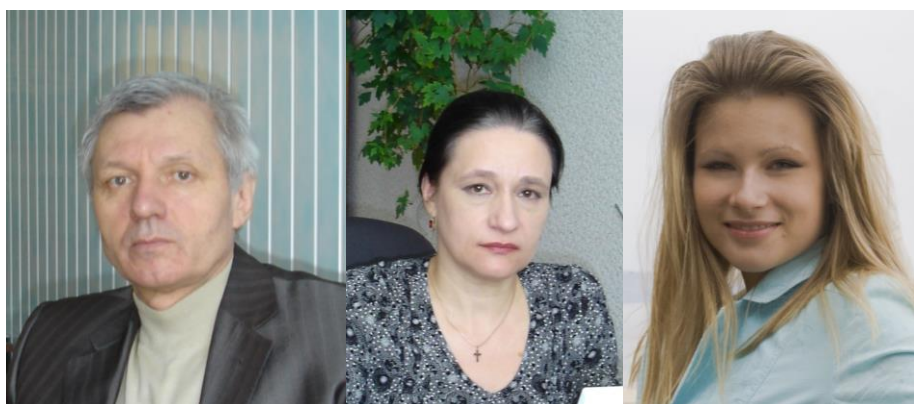
УДК 504.06

РАЗРАБОТКА БАСЕЙНОВЫХ НОРМАТИВОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ (НА ПРИМЕРЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НИЖНЕЙ ВОЛГИ)

© 2013 г. В.А. Селезнев, А.В. Селезнева, К.В. Беспалова

Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук, Тольятти

Ключевые слова: поверхностные водные объекты, антропогенное эвтрофирование, формирование качества воды, природные особенности водных объектов, нормативы качества воды, вещества двойного генезиса, нормативы допустимого сброса.



В.А. Селезнев

А.В. Селезнева

К.В. Беспалова

По данным многолетних наблюдений на водных объектах Нижней Волги рассчитаны бассейновые допустимые концентрации для веществ двойного генезиса. Полученные нормативы качества воды учитывают природные особенности формирования качества вод и предлагаются для использования в качестве критериев нормирования сброса загрязняющих веществ в водные объекты.

Введение

По нашему мнению на крупных водохранилищах Нижней Волги особую тревогу вызывает органическое загрязнение, обусловленное чрезмерным сбросом биогенных веществ в составе сточных вод, что в условиях замедленного водного обмена вызывает массовое развитие водорослей и ухудшение качества воды источников питьевого водоснабжения. Вместе с тем, официальные источники указывают на загрязнение волжской воды медью, цинком и марганцем. Одна из причин сложившейся ситуации – это несовершенство методики расчета нормативов допустимого сброса (НДС)

загрязняющих веществ в водные объекты [1]. В настоящее время в качестве критериев при нормировании сброса веществ двойного генезиса используются предельно допустимые концентрации (ПДК) [2, 3], которые являются одинаковыми для всей территории РФ, зависят только от вида водопользования и не учитывают природных особенностей водных объектов.

С одной стороны, некоторые ПДК не могут быть соблюдены в силу естественных причин. Превышение ПДК в волжской воде по меди, марганец и цинку не нарушает нормального экологического состояния водоемов, как показали исследования [4, 5], не создает каких-либо затруднений для водопользования и стремиться к их достижению нецелесообразно и просто нереально. С другой стороны, ПДК по некоторым биогенным элементам явно завышены, что способствует активизации процесса эвтрофирования. Биогенные элементы являются неспецифическими загрязняющими веществами, активно участвующими в продукционных процессах водоема и, следовательно, определяющими характер структуры и функционирования водных экосистем [6]. Их негативное действие на состояние экосистемы зачастую начинает проявляться при концентрациях значительно более низких, чем ПДК. Поэтому подобное регламентирование содержания биогенных веществ далеко не всегда приемлемо с экологических позиций.

Использование ПДК при нормировании сбросов веществ в составе сточных вод приводит к установлению ошибочных приоритетов при управлении антропогенной нагрузкой на водные объекты [7, 8]. Для решения данной проблемы авторы предлагают при нормировании сброса веществ двойного генезиса вместо ПДК, установленных на основе лабораторных экспериментов, использовать бассейновые допустимые концентрации (БДК), полученные по данным мониторинга водных объектов.

Методологические подходы к установлению бассейновых допустимых концентраций

Бассейновое нормирование основывается на учете природных особенностей формирования качества вод. Основная цель разработки БДК состоит в том, чтобы антропогенное воздействие не приводило к нарушению нормального функционирования водных экосистем и ухудшению качества воды. В каждом отдельно взятом бассейне или его части формируется особенный состав воды, свойственный

данной водосборной территории и зависящий от природных условий. Условия формирования химического состава поверхностных вод в бассейне Нижней Волги существенно отличаются и зависят, прежде всего, от климата, рельефа, гидрогеологических условий и растительности [9].

Географическое положение района, значительная его протяженность в широтном направлении обусловили разнообразие климатических условий. В его пределах наблюдается смена климатических зон от достаточно влажного климата северной части до засушливого континентального климата пустынь – в южной его части. Средняя годовая температура воздуха по мере продвижения к югу увеличивается от 2,2 °С в самых северных районах до 3,5–4,0 °С на преобладающей части территории и до 9,4 °С на юге (Астрахань).

Распределение атмосферных осадков по территории отличается неравномерностью. Годовые суммы осадков по правобережью р. Волги изменяются от 600 мм в бассейнах рек, впадающих в Куйбышевское водохранилище (в низовьях р. Свияги), до 520–550 мм на восточных склонах Приволжской возвышенности; в долинах рек бассейна Саратовского водохранилища они уменьшаются до 500 мм, а в бассейне р. Терешки – до 460–480 мм.

Речная сеть по территории распределена неравномерно, что тесно связано с особенностями рельефа и геологического строения, а также с широтным изменением климата. Наиболее густой речной сетью характеризуется бассейн Куйбышевского водохранилища. Густота речной сети составляет 0,29 км/км². В бассейне Саратовского водохранилища густота сети несколько уменьшается до 0,22 км/км² главным образом за счет территорий, расположенных к югу от р. Самары, где водотоки сравнительно редки и маловодны. Бассейн Волгоградского водохранилища характеризуется самой редкой речной сетью. Почти на всех реках левобережья водохранилища вода в межень сохраняется лишь в небольших глубоких плесах и многочисленных прудах.

В распространении растительного покрова также ярко проявляется широтная зональность: происходит смена растительности от смешанных лесов на севере до полупустынной и пустынной растительности на юге. Рельеф и геологическое строение оказывают влияние на размещение растительных формаций внутри природных зон.

По гидрогеологическим условиям на описываемой территории выделяют две основные зоны: северную в пределах лесостепи и степи и южную – в зоне засушливых степей и полупустынь. Северная зона характеризуется залеганием вод в отложениях до четвертичного возраста на глубине более 20 м. По химическому составу воды

характеризуются как гидрокарбонатно-кальциевые с концентрацией солей до 1 г/л. На участках, сложенных загипсованными и соленосными породами, они имеют повышенную и высокую минерализацию хлоридного и сульфатного состава.

В южной зоне грунтовые воды прикаспийских равнин залегают в линзах песка и супесей среди толщи глины на глубине 0–5 м на равнине и от 0 до 20 м на участках эоловыми формами рельефа. Воды здесь обладают повышенной минерализацией с концентрацией солей 3–100 г/л и характеризуются как воды хлоридного и сульфатного состава.

При таком разнообразии природно-климатических условий в бассейне Нижней Волги совершенно очевидно, что концентрация химических веществ двойного генезиса в различных речных бассейнах может изменяться в широких пределах. Наиболее хорошо изучены закономерности формирования неоднородностей по минерализации вод. Концентрация и режим органических и биогенных веществ, содержащихся в водных объектах, изучен по сравнению с ионным составом значительно хуже [10].

С целью определения пространственных неоднородностей качества воды в бассейне Нижней Волги осуществляется бассейновое или водохозяйственное районирование. Бассейновые допустимые концентрации (БДК_{ij}) определяются для определенного вещества в конкретный гидрологический сезон по аналогии с расчетом фоновых концентраций [11 по формуле:

$$\text{БДК}_{ij} = (C_{ij} + \sigma_{ij} \cdot t_{St} / n^{1/2}), \quad (1)$$

где C_{ij} – средняя концентрация в фоновом створе i -го вещества j -го экологического сезона;

t_{St} – коэффициент Стьюдента;

n – число данных;

σ_i – среднее квадратичное отклонение.

Результаты расчета и анализ

Территория бассейна Нижней Волги охватывает часть реки Волги от г. Казани до впадения ее в Каспийское море и разделена на 28 водохозяйственных участков (ВХУ). Каждый ВХУ охватывает водосбор определенного отрезка Волги либо отдельные бассейны ее крупных притоков. Почти на всем своем протяжении русло Волги в нижнем своем течении зарегулировано тремя крупными водохранилищами: Куйбышевским, Саратовским и Волгоградским. И только часть р. Волги от

Волгоградского гидроузла до ее впадения в Каспийское море в строгом смысле можно назвать рекой. В качестве объектов для разработки БДК в бассейне Нижней Волги из 28 ВХУ выбраны: ВХУ 11.01.00.002 – р. Шешма (далее в целях сокращения будут даваться только последние три цифры из номера ВХУ), ВХУ 006 – р. Сок, ВХУ 014 – р. Малый Иргиз, ВХУ 019 – р. Терешка, ВХУ 015 – Саратовское водохранилище и ВХУ 022 – Волгоградское водохранилище, которые охватывают различные природные условия формирования качества вод в бассейне Нижней Волги (рисунок).

Исходными данными для расчета БДК на указанных участках послужили данные систематических гидрохимических наблюдений в период 2006–2009 гг. на замыкающих створах ВХУ. На основе анализа данных и в соответствии с методическими указаниями [11] выделены гидрологические сезоны: зимняя межень (декабрь, январь, февраль и март); весеннее половодье (апрель, май, июнь); летне-осенняя межень (июль, август, сентябрь, октябрь и ноябрь).

В данной статье представлены результаты расчета БДК для следующих химических веществ и элементов двойного генезиса: сухой остаток, хлориды, сульфаты, аммоний, нитриты, нитраты, органические вещества (по интегральным показателям БПК₅, ХПК), медь и цинк.

Бассейн реки Шешма.

ВХУ 002 охватывает весь бассейн р. Шешмы. Длина реки 259 км, площадь водосбора 6,04 тыс. км². Ширина реки от 20 до 60 м, глубина в среднем 0,5 м, в самых глубоких местах до 3,0 м. Река является левым притоком Куйбышевского водохранилища и впадает в его Камскую ветку ниже устья р. Вятки. Берет начало на Бугульминско-Белебеевской возвышенности, протекает по волнистой равнине, расчлененной густой сетью речных долин, балок и оврагов. В реку впадает 69 притоков. Расход межени в устье 8,8 м³/с. Река средней водности. Питание преимущественно снеговое, а также подземное и дождевое. Вода в реке гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевая, средней минерализации 200–400 мг/л весной, и повышенной в межень 600–700 мг/л. В меженный период река отличается высоким подземным питанием. Сток реки зарегулирован. Отличается повышенным грунтовым стоком.

Река Сок

ВХУ 006 охватывает весь бассейн р. Сок. Река является левым притоком Саратовского водохранилища. Это типичная равнинная река Волжского бассейна. Длина реки 375 км, площадь водосбора 11,7 тыс. км². Берет начало на западных

склонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности. На своем протяжении река принимает 53 притока, главный приток правобережная р. Кондурча. Русло реки извилистое, на отдельных участках разделяющееся на рукава. Преобладающая ширина реки 25–35 м, наибольшая 100 м (в устье). Глубина реки изменяется в широких пределах: от 0,2–0,5 м в верховье, до 2–5 м на остальном протяжении. Средний расход воды у водомерного поста с. Красный Яр составляет 38,4 м³/с. Для бассейна р. Сок характерно обилие подземных вод, приуроченных к водоносному горизонту казанского и татарского ярусов. Глубина залегания вод в зависимости от рельефа, меняется от 5–12 до 30–50 м. Сток в межень зарегулирован плотинами, построенными на притоках.

Река Малый Иргиз

ВХУ 014 охватывает весь бассейн р. Малый Иргиз. Река является левым притоком Саратовского водохранилища. Длина составляет 203 км, площадь водосбора 3,9 тыс. км². Берет начало в отрогах Каменного Сырта на территории Самарской области. Долина реки достаточно четко выражена. Русло сильно извилистое, основные притоки – Сухой Иргиз, Чернава, Красная, Кулечиха, Стерех.

Река Терешка

ВХУ 019 охватывает весь бассейн р. Терешки. Река является правым притоком Волгоградского водохранилища. Длина составляет 270 км, площадь водосбора 9,68 тыс. км². Берет начало на юге Ульяновской области. Образуя просторную долину в Приволжской возвышенности, река течет параллельно Волге в 30–50 км от нее в широкой (1–5 км) долине с крутым правым и более пологим левым склонами. В среднем и нижнем течении характерны пойменные леса, озера-старицы. Река и многие ее притоки постоянно подпитываются родниками. Вода в реке прозрачная, хорошего качества. Используется для водоснабжения, орошения. Основные правые притоки – Лебежайка, Избалык, Алай, Казанла, Карабулак, левые – Елшанка, Маза, Жилой Ключ, Чернавка, Багай, Березовка.

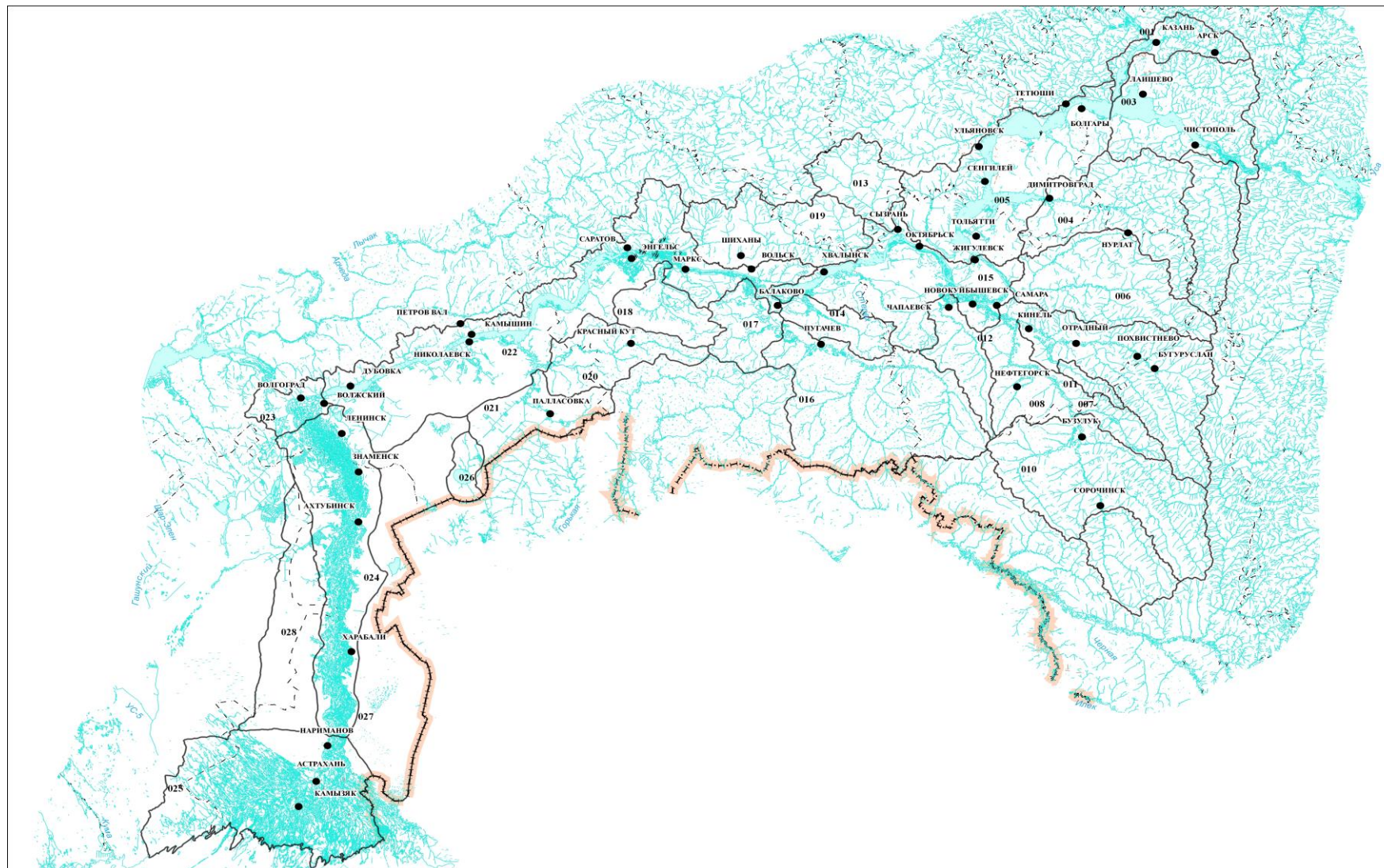


Рисунок. Расположение расчетных ВХУ в бассейне Нижней Волги.

Саратовское водохранилище

ВХУ 015 охватывает бассейн Саратовского водохранилища без бассейнов рек Сок, Самара, Чапаевка, Сызранка и Малый Иргиз. Площадь участка составляет 8,64 тыс. км². Водохранилище имеет емкость при НПГ 12,9 км³, длину 357 км, наибольшую ширину 25 км. Основное назначение гидроузла – пропуск сбрасываемой из Куйбышевского водохранилища воды и выработка электроэнергии; существенного регулирования стока не производится.

Основным регулятором стока является Куйбышевское водохранилище, которое существенно перераспределяет сток внутри года, задерживая воду в половодье и постепенно отдавая накопленный запас в течение межени. Вода формируется транзитным стоком из Куйбышевского водохранилища.

Волгоградское водохранилище

ВХУ 022 охватывает бассейн Волгоградского водохранилища без бассейнов рек Большой Иргиз, Большой Караман, Терешка, Еруслан и Торгун. Площадь участка составляет 29,1 тыс. км². Емкость водохранилища при НПГ 31,4 км³, она может обеспечить лишь незначительное увеличение зарегулированных меженных расходов воды, поэтому гидроузел проводит сезонное регулирование только в маловодные годы. Длина распространения подпора от плотины водохранилища 540 км (до плотины Саратовского гидроузла), наибольшая ширина водохранилища 17 км.

Результаты расчета сезонных значений БДК по бассейнам рек Шешма, Сок, Малый Иргиз и Терешка, Саратовского и Волгоградского водохранилищ представлены в табл. 1.

Вполне допустимо на начальном этапе внедрения БДК отказаться от сезонных значений БДК и перейти к годовым значениям БДК, чтобы не осуществлять расчеты НДС по отдельным гидрологическим сезонам. Для этого из сезонных значений БДК по каждому участку выбирается максимальное значение. Полученные максимальные значения БДК существенно отличаются друг от друга на различных участках в бассейне Нижней Волги. Диапазон изменений составляет: 353–1300 мг/дм³ по сухому остатку; 30–293 мг/дм³ по хлоридам; 80–490 мг/дм³ по сульфатам; 0,27–1,03 мгN/дм³ по аммонии; 0,03–0,07 мгN/дм³ по нитритам; 1,2–2,0 мгN/дм³ по нитратам; 0,10–0,20 мгP/дм³ по фосфатам; 3,0–7,5 мгO/дм³ по БПК₅; 25–52 мгO/дм³ по ХПК; 0,003–0,005 мг/дм³ по меди; 0,007–0,021 мг/дм³ по цинку (табл. 2).

Таблица 1. Сезонные значения БДК для расчетных ВХУ

Показатели качества	Номер ВХУ					
	002	006	014	019	015	022
Зимняя межень						
Сухой остаток, мг/дм ³	581,1	1299,4	1092,0	625,0	352,6	370,5
Хлориды, мг/дм ³	30,3	51,4	292,5	36,2	32,6	34,5
Сульфаты, мг/дм ³	181,9	489,3	182,5	169,6	79,8	85,1
Аммоний, мгN/дм ³	0,381	0,535	0,532	0,363	0,194	0,285
Нитриты, мгN/дм ³	0,035	0,026	0,048	0,074	0,026	0,034
Нитраты, мгN/дм ³	1,65	1,95	1,32	1,76	0,95	1,09
Фосфаты, мгP/дм ³	0,101	0,134	0,165	0,131	0,094	0,120
БПК ₅ , мгО/дм ³	1,42	2,55	4,63	4,31	1,80	1,80
ХПК, мгО/дм ³	15,1	26,2	44,0	41,5	28,4	28,4
Железо общее, мг/дм ³	0,091	0,106	0,138	0,144	0,070	0,070
Медь, мг/дм ³	0,003	0,005	0,004	0,04	0,005	0,003
Цинк, мг/дм ³	0,009	0,021	0,006	0,010	0,012	0,010
Весеннее половодье						
Сухой остаток, мг/дм ³	480,3	782,9	618,8	366,1	259,5	267,3
Хлориды, мг/дм ³	22,0	29,5	149,9	20,5	24,4	25,9
Сульфаты, мг/дм ³	141,9	315,9	102,3	99,5	57,2	60,4
Аммоний, мгN/дм ³	0,576	0,819	1,029	0,550	0,272	0,407
Нитриты, мгN/дм ³	0,018	0,024	0,041	0,058	0,024	0,026
Нитраты, мгN/дм ³	1,36	2,03	1,15	1,64	1,23	1,41
Фосфаты, мгP/дм ³	0,064	0,097	0,109	0,194	0,058	0,080
БПК ₅ , мгО/дм ³	4,92	4,33	7,45	4,76	3,49	2,71
ХПК, мгО/дм ³	24,5	35,9	44,6	51,7	33,9	32,2
Железо общее, мг/дм ³	0,124	0,152	0,173	0,190	0,134	0,141
Медь, мг/дм ³	0,003	0,004	0,005	0,003	0,004	0,003
Цинк, мг/дм ³	0,008	0,019	0,007	0,009	0,016	0,012
Летне-осенняя межень						
Сухой остаток, мг/дм ³	501,1	1108,1	938,8	554,1	290,5	301,7
Хлориды, мг/дм ³	26,5	45,1	256,0	32,3	28,4	29,8
Сульфаты, мг/дм ³	152,6	440,5	164,8	154,3	66,2	70,4
Аммоний, мгN/дм ³	0,325	0,238	0,570	0,306	0,146	0,198
Нитриты, мгN/дм ³	0,030	0,027	0,029	0,065	0,016	0,017
Нитраты, мгN/дм ³	1,54	1,29	1,23	1,64	0,48	0,61
Фосфаты, мгP/дм ³	0,108	0,080	0,172	0,108	0,099	0,125
БПК ₅ , мгО/дм ³	3,12	4,29	5,99	5,84	2,80	3,03
ХПК, мгО/дм ³	18,2	32,8	46,7	42,3	34,4	33,3
Железо общее, мг/дм ³	0,087	0,080	0,120	0,138	0,056	0,075
Медь, мг/дм ³	0,002	0,005	0,003	0,003	0,004	0,002
Цинк, мг/дм ³	0,007	0,020	0,005	0,007	0,013	0,010

Таблица 2. Сравнение максимальных значений БДК для расчетных ВХУ с ПДК

Показатели качества	Номер ВХУ						ПДК
	002	006	014	019	015	022	
	БДК						
Сухой остаток, мг/дм ³	581,1	1299,4	1092,4	625,0	352,6	370,5	1000
Хлориды, мг/дм ³	30,3	51,4	292,5	36,2	32,6	34,5	300
Сульфаты, мг/дм ³	181,9	489,3	182,5	169,6	79,8	85,1	100
Аммоний, мгN/дм ³	0,576	0,819	1,029	0,550	0,272	0,407	0,4
Нитриты, мгN/дм ³	0,035	0,027	0,048	0,074	0,026	0,035	0,02
Нитраты, мгN/дм ³	1,65	2,03	1,32	1,76	1,23	1,41	9
Фосфаты, мгP/дм ³	0,108	0,134	0,165	0,194	0,099	0,125	0,20
БПК ₅ , мгО/дм ³	4,92	4,33	7,45	4,76	3,49	3,03	2,0
ХПК, мгО/дм ³	24,5	35,9	46,7	51,7	33,9	33,3	25*
Железо общее, мг/дм ³	0,124	0,152	0,173	0,190	0,134	0,141	0,10
Медь, мг/дм ³	0,003	0,005	0,005	0,004	0,005	0,003	0,001
Цинк, мг/дм ³	0,009	0,021	0,007	0,010	0,016	0,012	0,010

Примечание: * ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого водопользования.

БДК превышают ПДК по сухому остатку в бассейне рек Сок и Малый Иргиз; сульфатам – бассейнах рек Шешма, Сок, Малый Иргиз и Терешка. По хлоридам БДК существенно меньше ПДК на всех участках за исключением участка 014 (р. Малый Иргиз). По меди БДК на всех участках в 3–5 раз превышает ПДК, по цинку превышение менее значительное, но наблюдается на всех участках кроме 002 (р. Шешма) и 014 (р. Малый Иргиз). По органическим веществам (БПК₅ и ХПК) БДК превышают ПДК на всех участках. По биогенным веществам картина не столь однозначная. По нитритам и железу общему БДК превышают ПДК на всех расчетных участках. По фосфатам и особенно нитратам наоборот БДК меньше ПДК.

В настоящее время расчет НДС загрязняющих веществ в водные объекты [1] осуществляется по формуле:

$$НДС_i = q * C_{ДСi}, \quad (2)$$

где q – расчетный расход сточных вод;

$C_{ДСi}$ – допустимая концентрация i -го вещества, которая может быть допущена в сточных водах.

Величина $C_{ДСi}$ определяется следующим образом:

$$C_{ДСi} = N (ПДК_i - C_{Фонi}) + C_{Фонi}, \quad (3)$$

где N – кратность общего разбавления сточных вод в водном объекте;

$ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества;

$C_{\text{фон}i}$ – фоновая концентрация i -го вещества, которая оценивается согласно действующим методическим указаниям [11].

На наш взгляд, для улучшения экологического состояния водохранилищ и непредъявления необоснованных требований к водопользователям целесообразно в формуле (3) заменить ПДК $_i$ на БДК $_i$, а $C_{\text{фон}i}$ на среднюю концентрацию вещества в створе, расположенном выше сброса сточных вод. Данная замена позволит при нормировании сброса веществ учесть природные особенности формирования качества вод. Кроме того, подобная замена позволит, с одной стороны, снизить биогенную нагрузку, а с другой, отказаться от предъявления необоснованных требований к водопользователям при сбросе ряда металлов.

Заключение

Разработка и внедрение БДК по бассейнам рек позволит ранжировать проблемы по загрязнению водных объектов химическими веществами и составить научно обоснованную программу поэтапного снижения антропогенной и, прежде всего, биогенной нагрузки на водохранилища.

В ФЗ «Об охране окружающей среды» сформулировано основное условие разработки нормативов качества – это проведение научных исследований, которое не выполняется. Практически не финансируются исследовательские работы, направленные на разработку нормативов качества водной среды, учитывающие природные особенности водных объектов. В результате, мы имеем дело с нормативами, которые только в первом приближении можно назвать экологическими. По сути, существующая система нормирования лишь декларирует обеспечение устойчивого функционирования естественных или сложившихся экологических систем и сохранение биологического разнообразия и качества воды. Для реализации подобной декларации необходимо приступить к разработке БДК для бассейнов рек.

С целью охраны водных объектов от загрязнения сточными водами необходимо внести коррективы в действующую методику по разработке НДС, чтобы учитывать природные особенности водных объектов при нормировании сброса сточных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика расчета нормативов допустимых сбросов (НДС) веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. Утв. приказом МПР России от 17.12.2007 № 333.
2. 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 от 18.01.2010 № 20.
3. Правила охраны поверхностных вод (типовое положение). М. 1991. 300 с.
4. *Селезнёва А.В.* От мониторинга к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН. 2007. – 105 с.
5. *Селезнёва А.В.* Разработка превентивных мер борьбы с «цветением» воды на крупных водохранилищах // Экология и промышленность России. 2010. Июль. С. 38–43.
6. *Мосияш С.С., Котляр С.Г., Мосияш С.А.* Экосистемный подход к определению предельно допустимой концентрации минеральных форм азота в мезотрофном водоеме // Тез. докл. Междунар. Конф. «Экологические проблемы крупных рек-3». Тольятти. 2003. С. 146.
7. *Беляев С. Д.* К вопросу о нормировании водопользования // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – том 6, № 5, 2004. – С. 445-459.
8. *Беляев С. Д.* Водный кодекс и практика нормирования // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – № 4, 2008. – С. 4-14.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 411 с.
10. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
11. РД 52.24.622–2001. Методические указания «Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков». Л.: Гидрометеиздат, 2001. 64 с.

Сведения об авторах:

Селезнёв Владимир Анатольевич, д. т. н., заведующий лабораторией, ФГБУН Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук (ИЭВБ РАН), 445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10; e-mail: seleznev53@mail.ru

Селезнёва Александра Васильевна, к. т. н., старший научный сотрудник, ФГБУН Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук (ИЭВБ РАН), 445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10; e-mail: seleznev53@mail.ru

Беспалова Ксения Владимировна, младший научный сотрудник, ФГБУН Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук (ИЭВБ РАН), 445003, г. Тольятти, ул. Комзина, 10; e-mail: kvbespalova@yandex.ru