

УДК 504.06

ББК 28.082

Селезнев В.А., Беспалова К.В.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ НОРМИРОВАНИЯ СБРОСА
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ**

Seleznev V. A., Bepalova K. V.

**ENVIRONMENTAL CRITERIA FOR RATIONING DISCHARGE OF
POLLUTANTS INTO WATER BODIES**

Ключевые слова: водные объекты, антропогенная нагрузка, качество воды, региональные нормативы, нормирование сброса веществ.

Keywords: water, anthropogenic stress, water quality, regional standards, rationing reset substances.

Аннотация: по данным многолетних наблюдений на водных объектах Нижней Волги рассчитаны региональные 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.

Abstract: according to the long-term observations on the water bodies of the Lower Volga Regional calculated allowable levels of dual origin. The resulting water quality standards take into account the natural features of the formation of water quality and available for use as a valuation criteria pollutant discharge into water bodies.

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 (ПДС) загрязняющих веществ в водные объекты [2]. В настоящее время в качестве критериев при нормировании сброса веществ двойного генезиса используются предельно допустимые концентрации (ПДК) [4], которые являются одинаковыми для всей территории РФ, зависят только от вида водопользования и не учитывают природных особенностей водных объектов.

Использование ПДК при нормировании сбросов веществ в составе сточных вод приводит к установлению ошибочных приоритетов при управлении антропогенной нагрузкой на водные объекты.

Для решения данной проблемы авторы предлагают при нормировании сброса веществ двойного генезиса вместо ПДК, установленных на основе лабораторных экспериментов, использовать региональные допустимые концентрации (РДК), полученные по данным мониторинга водных объектов.

Региональное нормирование основывается на учете природных особенностей формирования качества вод. Основная цель разработки РДК 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 [5].

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°C в самых северных районах до 3,5-4,0°C на преобладающей части территории и до 9,4°C 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 1г/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 [1].

С целью определения пространственных неоднородностей качества воды в бассейне Нижней Волги осуществляется региональное или водохозяйственное районирование. Региональные допустимые концентрации (РДК_{ij}) рассчитываются для определенного вещества в конкретный гидрологический сезон по аналогии с расчетом фоновых концентраций [5] по формуле:

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

где C_{ij} – средняя концентрация i -го вещества в фоновом створе j -го экологического сезона; t_{St} – коэффициент Стьюдента; n – число данных; σ_i – среднеквадратичное отклонение.

Территория бассейна Нижней Волги охватывает часть реки Волги от г. Казани до впадения ее в Каспийское море и разделена органами Водного кадастра на 28 водохозяйственных участков. Каждый участок 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. Волга от Волгоградского гидроузла до ее впадения в Каспийское море, в строгом смысле, можно назвать рекой.

В качестве объектов для разработки РДК в бассейне Нижней Волги из 28 участков выбраны: участок 2 (река Шешма), участок 6 (река Сок), участок 14 (река Малый Иргиз), участок 19 (река Терешка), участок 15 (Саратовское) и участок 22 (Волгоградское) водохранилища. Выбранные участки охватывают различные природные условия формирования качества вод в бассейне Нижней Волги.

Исходными данными для расчета РДК на указанных участках послужили данные систематических гидрохимических наблюдений в период 2006-2009 гг. На основе совместного анализа данных за расходами и температурой воды 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 РДК 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.

Река Шешма. Участок 2 охватывает весь бассейн р. Шешма. Длина реки - 259 км, площадь бассейна - 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, расчленённой 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. Участок 6 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.

Результаты расчета сезонных значений РДК по бассейнам рек Шешма и Сок представлены в таблице 1.

Река Малый Иргиз. Участок 14 охватывает весь бассейн р. М. Иргиз. Река является левым притоком Саратовского водохранилища. Длина ее 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.

Таблица 1 - Сезонные значения РДК для р. Шешма (уч. 2) и р. Сок (уч. 6)

Показатели качества	Зимняя межень		Весеннее половодье		Летне-осенняя межень	
	2	6	2	6	2	6
Сухой остаток, мг/дм ³	581,1	1299,4	480,3	782,9	501,1	1108,1
Хлориды, мг/дм ³	30,3	51,4	22,0	29,5	26,5	45,1
Сульфаты, мг/дм ³	181,9	489,3	141,9	315,9	152,6	440,5
Аммоний мгN/дм ³	0,381	0,535	0,576	0,819	0,325	0,238
Нитриты, мгN/дм ³	0,035	0,026	0,018	0,024	0,030	0,027
Нитраты, мгN/дм ³	1,65	1,95	1,36	2,03	1,54	1,29
Фосфаты, мгP/дм ³	0,101	0,134	0,064	0,097	0,108	0,080
БПК ₅ , мгО/дм ³	1,42	2,55	4,92	4,33	3,12	4,29
ХПК, мгО/дм ³	15,1	26,2	24,5	35,9	18,2	32,8
Железо общее, мг/дм ³	0,091	0,106	0,124	0,152	0,087	0,080
Медь, мг/дм ³	0,003	0,005	0,003	0,004	0,002	0,005
Цинк, мг/дм ³	0,009	0,021	0,008	0,019	0,007	0,020

Река Терешка. Участок 19 охватывает весь бассейн р. Терешка. Река является правым притоком Волгоградского водохранилища. Длина реки 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 – рр. Лебежайка, Избалык, Алай, Казанла, Карабулак, левые – рр. Елшанка, Маза, Жилой Ключ, Чернавка, Багай, Березовка.

Результаты расчета сезонных значений БДК по бассейнам рек М. Иргиз и Терешка представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Сезонные значения РДК для р. М. Иргиз (14) и для р. Терешка (19)

Показатели качества	Зимняя межень		Весеннее половодье		Летне-осенняя межень	
	14	19	14	19	14	19
Сухой остаток, мг/дм ³	1092,0	625,0	618,8	366,1	938,8	554,1
Хлориды, мг/дм ³	292,5	36,2	149,9	20,5	256,0	32,3
Сульфаты, мг/дм ³	182,5	169,6	102,3	99,5	164,8	154,3
Аммоний мгN/дм ³	0,532	0,363	1,029	0,550	0,570	0,306
Нитриты, мгN/дм ³	0,048	0,074	0,041	0,058	0,029	0,065
Нитраты, мгN/дм ³	1,32	1,76	1,15	1,64	1,23	1,64
Фосфаты, мгP/дм ³	0,165	0,131	0,109	0,194	0,172	0,108
БПК ₅ , мгО/дм ³	4,63	4,31	7,45	4,76	5,99	5,84
ХПК, мгО/дм ³	44,0	41,5	44,6	51,7	46,7	42,3
Железо общее, мг/дм ³	0,138	0,144	0,173	0,190	0,120	0,138
Медь, мг/дм ³	0,004	0,004	0,005	0,003	0,003	0,003
Цинк, мг/дм ³	0,006	0,010	0,007	0,009	0,005	0,007

Саратовское водохранилище. Участок 15 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.

Волгоградское водохранилище. Участок 22 охватывает бассейн Волгоградского водохранилища без бассейнов рек Большой Иргиз, Большой Караман, Терешка, Еруслан и Торгун. Площадь участка составляет 29,1 тыс. км². Ёмкость водохранилища при НПГ составляет 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 РДК для Саратовского и Волгоградского водохранилищ представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Сезонные РДК Саратовского (15) и Волгоградского (22) водохранилищ

Показатели качества	Зимняя межень		Весеннее половодье		Летне-осенняя межень	
	15	22	15	22	15	22
Сухой остаток, мг/дм ³	352,6	370,5	259,5	267,3	290,5	301,7
Хлориды, мг/дм ³	32,6	34,5	24,4	25,9	28,4	29,8
Сульфаты, мг/дм ³	79,8	85,1	57,2	60,4	66,2	70,4
Аммоний мгN/дм ³	0,194	0,285	0,272	0,407	0,146	0,198
Нитриты, мгN/дм ³	0,026	0,035	0,024	0,026	0,016	0,017
Нитраты, мгN/дм ³	0,95	1,09	1,23	1,41	0,48	0,61
Фосфаты, мгP/дм ³	0,094	0,120	0,058	0,080	0,099	0,125
БПК ₅ , мгO/дм ³	1,80	1,95	3,49	2,71	2,80	3,03
ХПК, мгO/дм ³	28,4	26,8	33,9	32,2	34,4	33,3
Железо общее, мг/дм ³	0,070	0,102	0,134	0,141	0,056	0,075
Медь, мг/дм ³	0,005	0,003	0,004	0,003	0,004	0,002
Цинк, мг/дм ³	0,012	0,010	0,016	0,012	0,013	0,010

Вполне допустимо на начальном этапе внедрения РДК отказаться от сезонных значений и перейти к годовым значениям, чтобы не осуществлять расчеты НДС по отдельным гидрологическим сезонам. Для этого из сезонных значений РДК выбирают их максимальные значения.

Полученные значения РДК 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 аммоний; 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 мг/дм³ по БПК₅; 25 - 52 мгO/дм³ по ХПК; 0,003 - 0,005 мгO/дм³ по меди; 0,007 - 0,021 мг/дм³ по цинку (таблица- 4).

Таблица 4 - Сравнение значений РДК и ПДК для участков 2-22

Показатели качества	РДК						ПДК
	2	6	14	19	15	22	
Сухой остаток, мг/дм ³	580	1300	1090	625	353	370	1000
Хлориды, мг/дм ³	30	51	293	36	33	35	300
Сульфаты, мг/дм ³	182	490	183	170	80	85	100

Аммоний мгN/дм ³	0,58	0,82	1,03	0,55	0,27	0,41	0,39
Продолжение таблицы 4							
Нитриты, мгN/дм ³	0,04	0,03	0,05	0,07	0,03	0,04	0,02
Нитраты, мгN/дм ³	1,7	2,0	1,3	1,8	1,2	1,4	9,1
Фосфаты, мгP/дм ³	0,11	0,13	0,17	0,19	0,10	0,13	0,20
БПК ₅ , мгО/дм ³	4,9	4,3	7,5	4,8	3,5	3,0	2,0
ХПК, мгО/дм ³	25	36	47	52	34	33	25*
Железо общее, мг/дм ³	0,12	0,15	0,17	0,19	0,13	0,14	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 водоснабжения

РДК превышают ПДК по сухому остатку - в бассейне рек Сок и Малый Иргиз; по сульфатам - в бассейнах рек Шешма, Сок, Малый Иргиз и Терешка. По хлоридам РДК существенно меньше ПДК на всех участках за исключением участка 14 (р. М. Иргиз).

По меди РДК на всех участках в 3-5 раз превышает ПДК, по цинку превышение менее значительное, но наблюдается на всех участках кроме 2 (река Шешма) и 14 (река М. Иргиз).

По органическим веществам (БПК₅ и ХПК) РДК превышают ПДК на всех участках. По биогенным веществам картина не столь однозначная. По нитритам и железу общему РДК превышают ПДК на всех расчетных участках. А по фосфатам и, особенно, нитратам, наоборот, РДК меньше ПДК.

В настоящее время расчет норматива допустимого сброса (НДС) загрязняющих веществ в водные объекты [2] осуществляется по формуле:

$$\text{НДС}_i = q \times C_{\text{ДС}i}, \quad (2)$$

где q - расчетный расход сточных вод; $C_{\text{ДС}i}$ - допустимая концентрация i -го вещества, которая может быть допущена в сточных водах.

Величина $C_{\text{ДС}i}$ определяется следующим образом:

$$C_{\text{ДС}i} = N \times (\text{ПДК}_i - C_{\text{ФОН}i}) + C_{\text{ФОН}i}, \quad (3)$$

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 [4].

На наш взгляд, для улучшения экологического состояния водохранилищ и не предъявления необоснованных требований к водопользователям целесообразно в формуле (3) заменить ПДК_i на РДК_i , а $C_{\text{ФОН}i}$ на C_i . 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.

Разработка и внедрение РДК 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.

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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алекин, О.А. Основы гидрохимии. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 444 с.
2. Методика расчета нормативов допустимых сбросов (НДС) веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. Утверждена приказом от 17.12.2007 № 333.

3. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: ВНИРО, 1999. – 304 с.

4. РД 52.24.622-2001 Методические указания «Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков». - Л.: Гидрометеиздат, 2001. – 64 с.

5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Выпуск 1. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 411 с.