

**ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НИЖНЕВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА**

*Садчиков П.Н., Боронина Л.В., Тажиева С.З., Усынина А.Э.
ГАОУ АО ВПО «Астраханский инженерно-строительный институт»,
Астрахань, Россия, E-mail: pn_sadchikov@mail.ru*

В ходе исследования проведен экологический мониторинг качества вод Нижневолжского бассейна. Полученные статистические данные многолетних наблюдений легли в основу анализа присутствия в воде загрязняющих компонентов, имеющих фоновый и антропогенный характер. Данный анализ построен на ком-

Нижневолжский регион занимает достаточно важное место в системе производственных и стратегических интересов народнохозяйственного комплекса России. Это определяется природными, социально-экономическими и политическими факторами, а также историческими традициями. Приоритетной составляющей физического здоровья населения, его комфорта и работоспособности является качество воды в регионе.

Значительная протяженность Нижневолжского бассейна определяет необходимость сегментирования территорий вдоль русла реки с целью проведения научных исследований. Для получения более достоверных результатов анализа качества воды необходим забор проб как можно на большем числе выделенных участков представленной области с учетом сезонных колебаний присутствия примесей, носящих как фоновый, так и антропогенный характер.

Для оценки сезонной динамики в ходе исследования проанализированы данные о концен-

трации загрязняющих веществ по кварталам. Данный мониторинг учитывал особенности гидрологического режима Нижней Волги. Взвешенные средние арифметические величины контролируемых гидрохимических показателей качества речных вод по отдельным участкам, классифицированным по зональному признаку, за период 1995-2011 годов представлены в таблице 1.

В ходе анализа результатов длительных всесезонных наблюдений, проводимых ГУ «Астраханский ЦГМС», сделаны выводы о существенных изменениях химического состава поверхностных вод Нижневолжского бассейна в течение года. Значительным колебаниям подвержено содержание концентраций по таким загрязняющим компонентам, как: медь, никель, свинец, марганец, ртуть.

Дифференцирование результатов режимных наблюдений согласно критерию сезонного присутствия в воде примесей позволяет определить уровень ее загрязнения по целому спектру показателей.

Таблица 1.

Сезонные концентрации гидрохимических показателей загрязнения поверхностных вод Нижневолжского бассейна

| Наименование показателей | Вершина дельты | | | | Верхняя зона дельты | | | |
|-----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------------------|---------|---------|---------|
| | I кв. | II кв. | III кв. | IV кв. | I кв. | II кв. | III кв. | IV кв. |
| К о н ц е н т р а ц и я , м г / л | | | | | | | | |
| СПАВ | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,03 |
| нефтепродукты | 0,22 | 0,22 | 0,1 | 0,28 | 0,23 | 0,21 | 0,20 | 0,15 |
| фенолы | 0,003 | 0,004 | 0,005 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,005 | 0,004 |
| цинк | 0,033 | 0,038 | 0,038 | 0,035 | 0,040 | 0,037 | 0,030 | 0,030 |
| медь | 0,0072 | 0,0088 | 0,0048 | 0,0055 | 0,0078 | 0,0078 | 0,0039 | 0,0053 |
| общее железо | 0,14 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,19 |
| никель | 0,0052 | 0,0045 | 0,0078 | 0,0060 | 0,0047 | 0,0039 | 0,0054 | 0,0053 |
| хром | 0,0012 | 0,0016 | 0,0010 | 0,0008 | 0,0014 | 0,0017 | 0,0015 | 0,0012 |
| свинец | 0,0011 | 0,0012 | 0,0021 | 0,0018 | 0,0019 | 0,0030 | 0,0034 | 0,0022 |
| кобальт | 0,0007 | 0,0010 | 0,0018 | 0,0014 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0007 | 0,0004 |
| кадмий | 0,0003 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0003 | 0,0002 |
| марганец | 0,0014 | 0,0018 | 0,0009 | 0,0012 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0003 |
| ртуть | 0,00001 | 0,00004 | 0,00004 | 0,00002 | 0,00003 | 0,00008 | 0,00006 | 0,00003 |

Анализ диапазонов варьирования значений данных показателей в течение года приводит к выводам о необходимости комплексного исследования на основе многофакторного анализа динамики их изменения. Комплексная оценка степени загрязнения поверхностных вод Нижневолжского бассейна по гидрохимическим показателям произведена авторами статьи в соответствии с соблюдением следующего перечня требований [1]:

- наблюдения за загрязненностью воды рек и водоемов выполняются по единым методикам, что позволяет исключить влияние различий в результатах анализа;

- неперенным условием использования значений показателей является единая методологическая основа проведения отбора проб и химического анализа воды;

- оценка уровней загрязнения воды осуществляется с четко установленной периодичностью в каждом створе наблюдений;

- интерполяция и экстраполяция уровней загрязнения из одного створа в другой невозможна.

Для построения оценочной характеристики уровня загрязнения воды в рамках проведенного исследования определялись значения таких интегральных показателей, как: коэффициент комплексности загрязненности воды, комбинаторный и

удельный комбинаторный индексы загрязнённости воды. Для возможности объединения большого числа несоизмеримых показателей в один интегральный запущен процесс их нормирования. Данный процесс становится возможным при выборе в качестве соизмерителя - норматива предельно допустимой концентрации (ПДК) вредного вещества, содержащегося в воде [2].

Коэффициент комплексности загрязнённости воды K , рассчитываемый на предварительной стадии интегральной оценки, определяется соотношением количества ингредиентов и показателей качества воды, содержание которых превышает соответствующий норматив n , к общему их количеству N , т.е.

$$K = \frac{n}{N} * 100\%$$

Взвешенная оценка среднегодового коэффициента комплексности водных объектов Нижневолжского бассейна, расположенных на территории Астраханской области, за период 2008-2011 годов, позволяет говорить о незначительности разброса значений данного показателя. Данный факт свидетельствует об однородности процессов, последствия которых выступают в качестве причин достигнутого уровня присутствия в воде конкретных ингредиентов: легкоокисляемых веществ, нефтепродуктов, фенолов, соединений меди, железа, ртути, цинка, молибдена и никеля.

Достоверность полученных результатов проведенного анализа обоснована значением средней квадратической ошибки, величина которой более чем в 3 раза меньше среднего значения коэффициента комплексности по сводным статистическим данным постов наблюдений за качеством водных ресурсов.

При всей простоте техники расчета согласно изложенной методике, значения, представленных коэффициентов комплексности, достаточно достоверно отражают уровень антропогенных воздействий на водные объекты. Динамика на увели-

чение значений данных показателей свидетельствует об усилении влияния антропогенного фактора и расширении перечня загрязняющих веществ, превысивших рубеж ПДК, в общем объеме.

В ходе исследования при проведении многофакторного анализа воздействия широкого спектра загрязнителей на качество воды определялись также значения комбинаторных индексов. Поиск значений комбинаторного индекса $I_{КИЗВ}$ и удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды $I_{УКИЗВ}$ для заданного створа за конкретный промежуток времени проводился по формулам:

$$I_{КИЗВ} = \sum_{i=1}^N S_i, \quad I_{УКИЗВ} = \frac{I_{КИЗВ}}{N},$$

где S_i - обобщенный оценочный балл по i -му учитываемому ингредиенту, равный произведению частных оценочных баллов по повторяемости случаев загрязнённости S_{α_i} и средней кратности превышения ПДК S_{β_i} .

Комбинаторный и удельный комбинаторный индексы загрязнённости воды, соответственно КИЗВ и УКИЗВ, рассчитаны по данным о концентрации в воде 17 ингредиентов: растворённого кислорода, сульфатов, хлоридов, ХПК, БПК₅, азота нитратного, азота нитритного, азота аммонийного, меди, железа, цинка, ртути, никеля, молибдена, фенолов, нефтепродуктов и СПАВ.

Расчетные значения среднегодовых интегральных показателей за период с 2008 по 2011 годы по всем 11 постам, всесезонно функционирующим на территории Астраханской области [3], представлены в таблице 2.

Для вод реки Волга по основному руслу и в створах ее рукавов превышение ПДК наблюдалось по показателям ХПК, БПК₅, азот нитритный, сульфаты, железо, медь, цинк, никель, молибден, ртуть, фенолы, нефтепродукты [4].

Таблица 2.

Среднегодовые индексы загрязнённости водных объектов Астраханской области

| Пост наблюдения | | $I_{КИЗВ}$ | | | | $I_{УКИЗВ}$ | | | |
|-----------------|-----------------------|------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| | | 2008г | 2009г | 2010г | 2011г | 2008г | 2009г | 2010г | 2011г |
| р. Волга | с. Цаган-Аман | 46,15 | 58,4 | 67,21 | 76,81 | 2,71 | 3,43 | 3,95 | 4,52 |
| | с. Верхнее Лебяжье | 71,62 | 70,6 | 73,95 | 87,54 | 4,21 | 4,15 | 4,35 | 5,15 |
| | ЦКК | 68,08 | 76,3 | 76,36 | 87,19 | 4,01 | 4,49 | 4,49 | 5,13 |
| | г. Астрахань, ПОС | 71,61 | 73,2 | 68,49 | 82,74 | 4,21 | 4,31 | 4,03 | 4,87 |
| | г. Астрахань, Ильинка | 72,71 | 73,9 | 76,54 | 87,83 | 4,28 | 4,35 | 4,5 | 5,17 |
| рук. Ахтуба | пгт. Селитренное | 61,37 | 69,1 | 76,25 | 83,49 | 3,61 | 4,07 | 4,49 | 4,91 |
| | пос. Аксарайский | 68,93 | 68,23 | 69,33 | 80,72 | 4,06 | 4,01 | 4,08 | 4,75 |
| | пр.Кигач, с. Подчалык | 70,75 | 70,75 | 63,47 | 82,58 | 4,16 | 4,16 | 3,73 | 4,86 |

| | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| рук. Бузан, с. Красный Яр | 74,67 | 72 | 72,06 | 84,97 | 4,39 | 4,23 | 4,24 | 5,0 |
| рук. Кривая Болда | 73,5 | 72 | 77,32 | 83,22 | 4,32 | 4,23 | 4,55 | 4,9 |
| рук. Камызяк | 71,25 | 69,8 | 71,43 | 82,74 | 4,19 | 4,1 | 4,2 | 4,87 |

Содержание соединений меди в водах р.Волга в 2011 году по отношению к предыдущим периодам в среднем увеличилось и достигло 6 ПДК. Величина обобщенного оценочного балла по меди в створах сел Цаган–Аман и Верхнее Лебяжье была чуть выше критической отметки, а в Астрахани близка к ней. Загрязнение вод соединениями ртути на протяжении всего периода колеблется незначительно и составляет 0,02 мкг/л (2 ПДК).

По-прежнему воды волжской дельты и Волго-Ахтубинской поймы загрязнены соединениями железа, концентрации которых были в пределах 1-5 ПДК. Загрязнение вод фенолами и нефтепродуктами оставалось примерно на одном уровне и не превышало 2 ПДК. Содержание остальных металлов (цинк, никель, молибден, кобальт, свинец, кадмий) в среднем было на фоновом уровне, пре-

вышения ПДК отмечались лишь в единичных случаях. Для полноты оценки качества поверхностных вод по комплексу выделенных показателей определен коэффициент запаса [5]. Его значение рассчитано по формуле

$$k = 1 - 0,1F,$$

где F – количество критических показателей загрязненности воды (КПЗ).

Под критическими понимаются те ингредиенты, входящие в общий сегмент исследования, для которых обобщенный оценочный балл S_i не меньше 9. Коэффициент запаса позволяет ранжировать состояние качества воды по классам и разрядам (таблица 3), поскольку наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности вносят именно критические показатели.

Таблица 3.

Классификация уровня загрязненности поверхностных вод

| Класс и разряд | Характеристика состояния загрязненности воды | Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды | | | | | |
|----------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | без учета числа КПЗ | в зависимости от числа учитываемых КПЗ | | | | |
| | | | 1 ($k = 0,9$) | 2 ($k = 0,8$) | 3 ($k = 0,7$) | 4 ($k = 0,6$) | 5 ($k = 0,5$) |
| 1-й | Условно чистая | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| 2-й | Слабо загрязненная | (1; 2] | (0,9; 1,8] | (0,8; 1,6] | (0,7; 1,4] | (0,6; 1,2] | (0,5; 1,0] |
| 3-й | Загрязненная | (2; 4] | (1,8; 3,6] | (1,6; 3,2] | (1,4; 2,8] | (1,2; 2,4] | (1,0; 2,0] |
| разряд "а" | загрязненная | (2; 3] | (1,8; 2,7] | (1,6; 2,4] | (1,4; 2,1] | (1,2; 1,8] | (1,0; 1,5] |
| Разряд "б" | очень загрязненная | (3; 4] | (2,7; 3,6] | (2,4; 3,2] | (2,1; 2,8] | (1,8; 2,4] | (1,5; 2,0] |
| 4-й | Грязная | (4; 11] | (3,6; 9,9] | (3,2; 8,8] | (2,8; 7,7] | (2,4; 6,6] | (2,0; 5,5] |
| разряд "а" | грязная | (4; 6] | (3,6; 5,4] | (3,2; 4,8] | (2,8; 4,2] | (2,4; 3,6] | (2,0; 3,0] |
| разряд "б" | грязная | (6; 8] | (5,4; 7,2] | (4,8; 6,4] | (4,2; 5,6] | (3,6; 4,8] | (3,0; 4,0] |
| разряд "в" | очень грязная | (8; 10] | (7,2; 9,0] | (6,4; 8,0] | (5,6; 7,0] | (4,8; 6,0] | (4,0; 5,0] |
| разряд "г" | очень грязная | (8; 11] | (9,0; 9,9] | (8,0; 8,8] | (7,0; 7,7] | (6,0; 6,6] | (5,0; 5,5] |
| 5-й | Экстрем. грязная | (11; ∞] | (9,9; ∞] | (8,8; ∞] | (7,7; ∞] | (6,6; ∞] | (5,5; ∞] |

Согласно представленной классификации при одних и тех же значениях удельного комбинаторного индекса класс загрязненности водоемника напрямую вступает в зависимость от величины коэффициента запаса.

Содержание соединений меди в водах Нижней Волги в течение всего рассматриваемого периода ежегодно повышалось в среднем на 1 ПДК. Величина обобщенного оценочного балла по меди во всех створах от села Цаган–Аман до Ильинки была выше критической отметки. Концентрации меди были в пределах 4-48 мкг/л (4-48 ПДК).

В 2011 году качество вод во всех створах ухудшилось (таблица 4), при этом значения комбинаторного индекса загрязненности воды расположились в пределах [76,91; 87,83] по сравнению с 2010 годом, когда значения данного интегрального показателя заключались в диапазоне [63,47; 77,32]. Ухудшение качества воды повлекло, согласно при-

нятой градации, ее переход в 4-ом классе из разряда «а» в разряд «б».

Данный переход обусловлен не только повышением значений индексов $I_{КПЗ}$ и $I_{УКПЗ}$, но и увеличением показателей коэффициента запаса. Кроме соединений меди, наибольшую долю в общую оценку степени загрязнения внесли сероводород и сульфиды, по этим веществам величины обобщенного оценочного балла достигли критического значения и варьировались в пределах 9,2-10,4, а также нитриты, по основному руслу Волги они составили 7,8-9,3.

Метод комплексной оценки, положенный в основу данного исследования, позволяет сформировать статистическую совокупность значений интегральных показателей по отдельным временным периодам и организовать анализ:

Динамика изменения качества воды в контролируемых створах Нижней Волги

| Пост наблюдения | | Класс и разряд качества воды | | | | Динамика |
|---------------------------|-----------------------|------------------------------|-------|-------|-------|--------------|
| | | 2008г | 2009г | 2010г | 2011г | |
| р. Волга | с. Цаган-Аман | 3 «б» | 3 «б» | 4 «а» | 4 «б» | ухудшение |
| | с. Верхнее Лебяжье | 4 «а» | 4 «а» | 4 «а» | 4 «б» | ухудшение |
| | ЦКК | 4 «а» | 4 «а» | 4 «а» | 4 «б» | ухудшение |
| | г. Астрахань, ПОС | 4 «а» | 4 «а» | 4 «а» | 4 «б» | ухудшение |
| | г. Астрахань, Ильинка | 4 «а» | 4 «а» | 4 «а» | 4 «б» | ухудшение |
| рук. Ах- туба | пгт. Селитренное | 4 «а» | 4 «а» | 4 «а» | 4 «б» | ухудшение |
| | пос. Аксарайский | 4 «а» | 4 «а» | 4 «а» | 4 «а» | стабилизация |
| | пр.Кигач, с. Подчалык | 4 «а» | 4 «а» | 4 «а» | 4 «б» | ухудшение |
| рук. Бузан, с. Красный Яр | | 4 «а» | 4 «а» | 4 «а» | 4 «б» | ухудшение |
| рук. Кривая Болда | | 4 «а» | 4 «а» | 4 «а» | 4 «б» | ухудшение |
| рук. Камызяк | | 4 «а» | 4 «а» | 4 «а» | 4 «б» | ухудшение |

– базы сравнения по определенному набору показателей, установленному в каждом конкретном случае;

– степени загрязненности водных объектов различными веществами с выделением наиболее приоритетных из них;

– динамики уровня загрязненности водного объекта, его бассейна на отдельных участках, в различных створах по течению реки за фиксированный промежуток времени.

Литература

1. РД 52.24.643-2002 от 06.12.2002 г. «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». - СПб.: Гидрометеоиздат. - 21 с.
2. Государственные нормативы 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы (с изменениями от 28 сентября 2007 г.) / Государ-

ственное санитарно-эпидемиологическое нормирование РФ. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы – Минздрав России. – Москва, 2003. – 353 с.

3. Государственные доклады об экологической обстановке на территории Астраханской области в 2008-2011 г.г. / Информационно-аналитический отдел службы природопользования и охраны окружающей среды Астраханской области. – Астрахань, 2009-2012.
4. Боронина Л.В., Садчиков П.Н. Оценка качества поверхностных водисточников на основе показателей временных рядов динамики // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. №11. – с. 15-21.
5. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х. Обзор методов оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям // Гидрохимические материалы. - 1982. - Т.81. - С.121-131.