

УДК 504,574

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕНЕЗА НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВОДОТОКОВ АГЛОМЕРАТОВ

© 2020 г. Г. В. Крыжановская<sup>1,\*</sup>, М. С. Безуглова<sup>1,\*\*</sup>, И. С. Шарова<sup>1,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> Астраханский государственный университет (ФГБОУ ВО АГУ), г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, 414056 Россия

\*E-mail: GalaJim@mail.ru

\*\*E-mail: marinadenis@ya.ru

\*\*\*E-mail: is\_sharova@mail.ru

Поступила в редакцию 14.10.2019 г.

После доработки 18.10.2019 г.

Принята к публикации 18.10.2019 г.

Астрахань расположена на одиннадцати островах, которые соединены мостами. Все внутригородские водоемы города используются как местные источники водоснабжения, рекреационные зоны, имеют познавательную, историческую и эстетическую ценность. Постоянно возрастающая антропогенная нагрузка на водные объекты города приводит к ухудшению качества воды, в результате чего они становятся непригодными для использования в некоторых видах водопользования. Этот факт свидетельствует о важности проведения совокупного геоэкологического исследования основных водотоков города, как важной селитебной территории. На примере ключевых водотоков показывается изменение гидрохимических характеристик воды, обусловленное как природными (климатические, гидрологические), так и антропогенными (водохозяйственные, рекреационные) факторами. Приводится оценка геоэкологического состояния водотоков, как функционирующих аквальных ландшафтных комплексов. Применение совокупных методов мониторинга в исследовании показателей качества воды исследуемых водных объектов вызвано необходимостью совершенствования системы этих показателей и системы управления, что позволяет наилучшим образом организовать процесс принятия решений на всех уровнях в системе управления качеством воды и планомерно снижать вредное воздействие на водные объекты.

**Ключевые слова:** геоэкологическое состояние водотоков, биотестирование, химический анализ

**DOI:** 10.31857/S086978092001007X

### ВВЕДЕНИЕ

Водотоки г. Астрахани – неотъемлемый кластер городской экосистемы, та его часть, которая в наибольшей степени подвержена антропогенной воздействию, выражающемуся в загрязнении различного характера. Особенностью загрязнения городских водоемов, является тот факт, что в городе на небольших площадях сосредотачиваются значительные виды источников загрязнения (бытовые отходы, предприятия, транспорт и пр.), которые обуславливают неоднородное и интенсивное загрязнение природных вод [1].

### ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Геоэкологическое неблагополучие водоемов оценивается по поступлению в них загрязняющих веществ разной степени опасности, а для оценки геоэкологического состояния используют уровни загрязнения особо опасными веществами – нефтью и нефтепродуктами, фенолами, тяжелыми металлами и др. Чтобы оценить антропо-

генную нагрузку на водные объекты изучаются показатели прямого и косвенного воздействия. Показатели прямого воздействия – объемы забора воды и сброса сточных вод, а косвенные – включают площадное и линейное воздействие на поверхность водотоков (использование в коммунально-бытовых целях, плотность градостроительных сооружений по берегам, структура градостроений, использование в целях рекреации, наличие автомобильных дорог и др.) [2]. Исследование поверхностных вод водотоков показывает степень антропогенного воздействия на экосистему и ее устойчивость к этому воздействию. Оценка качества вод аквальных комплексов в урбоэкосистеме Астрахани, объединяющая совокупные методы мало изучена. Совокупность гидрохимических (критерии качества), биологических (биотестирование), экологических (состояние водотоков, степень благоустройства побережий), водохозяйственных (характер использования) показателей в рамках геоэкологического подхода исследований комплексно оценивает со-

**Таблица 1.** Концентрации загрязняющих веществ и их ПДК в речной воде водотока Варвациевский канал (2019 г.)

| Загрязняющие вещества | Концентрация, мг/л |        | С/ПДК |
|-----------------------|--------------------|--------|-------|
|                       | С, мг/л            | ПДК    |       |
| O <sub>2</sub>        | 10.30              | 12.000 | 0.86  |
| БПК <sub>5</sub>      | 4.40               | 3.000  | 1.47  |
| NH <sub>4</sub>       | 0.40               | 0.500  | 0.80  |
| NO <sub>2</sub>       | 0.015              | 0.080  | 0.19  |
| NO <sub>3</sub>       | 0.20               | 9.100  | 0.02  |
| Fe                    | 0.98               | 0.300  | 3.26  |
| Cu                    | 0.0050             | 0.001  | 5.00  |
| Zn                    | 0.0400             | 0.010  | 4.00  |
| Ni                    | 0.0040             | 0.010  | 0.40  |
| Фенол                 | 0.007              | 0.001  | 7.00  |
| СПАВ                  | 0.05               | 0.500  | 0.10  |

временное геоэкологическое состояние аквальных комплексов [4, 8].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Геоэкологическая оценка выполнялась на основе изучения основных внутригородских водотоков, которые располагаются на территории города в примерно одинаковых ландшафтных условиях: рукав Кутум, Канал имени 1 Мая (Варвациевский канал). Материалы, используемые для выполнения геоэкологической оценки состояния водных объектов города, получены в результате долговременной геоэкологической мониторинговой деятельности. Мониторинг включает получение многократных годовых количественных значений исследуемых показателей гидрохимическими и биологическими методами. На базе лаборатории экологического мониторинга АГУ проводились исследования загрязненности водных объектов поллютантами на основе сравнения их содержания в воде с предельно-допустимыми нагрузками. С учетом интегральных показателей выполнялась комплексная оценка качества воды, которая позволила определить интенсивность и направленность трансформации загрязняющих веществ в условиях современной антропогенной деятельности. Биологическая оценка качества воды и экологического состояния водных объектов проводилась с использованием методов биотестирования.

Информационной базой для теоретических и практических этапов исследования качества воды и геоэкологической ситуации водных объектов на территории Астрахани послужили ежегодные данные о качестве поверхностных вод Астраханской обл. и литературные данные. Оценка качества вод аквальных комплексов проводилась по таким целевым показателям, как биохимическое потребление кислорода, азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, сульфаты, хлориды, медь, натрий, цинк и СПАВ. Исследования, направленные на изучение загрязнения химическими веществами, проводили методом индивидуальных показателей, что дало точную количественную оценку загрязнения конкретным веществом и необходимо в случае контроля состояния водных объектов по ряду загрязняющих веществ [5].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Индивидуальные показатели оценивают загрязненность воды конкретным веществом в конкретный момент времени. В этом случае концентрация загрязняющего вещества в воде ( $C_i$ ) сравнивается с его предельно-допустимой концентрацией (ПДК $_i$ ). В соответствии с СанПиН 2.1.5.980-00, вода считается незагрязненной (условно чистой), если выполняется условие  $C_i \leq \text{ПДК}_i$ .

Для качественной и количественной оценки воды и экологического состояния водных объектов предлагается использовать интегральный показатель – коэффициент предельной загрязненности (КПЗ) [4, 8]:

$$\text{КПЗ} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} - 1,$$

где  $i$  – номер загрязняющего вещества;  $N$  – количество учитываемых веществ.

КПЗ характеризует качество и экологическое состояние водного объекта, его водохозяйственное значение (назначение реки, объем сброса загрязненных вод и т.д.) и оценивается в соответствии с классификацией от очень чистой ( $<-0.80$ ) до очень грязной ( $>5.0$ ). Список химических веществ, характеризующих загрязненность воды и их концентрации, представлен в таблицах 1 и 2. Кратность превышения ПДК достигает 3, 5 и даже 7 единиц.

Наиболее опасными загрязнителями являются фенолы, нефтепродукты, цинк и медь. В водотоках Варвациевский канал и рук. Кутум вода соответствует классу “умеренно-загрязненные”.

Нельзя оценивать экологическое состояние водного объекта только на основании гидрохимических показателей. Чаще всего применяется индекс сапробности ( $S$ ) водного объекта, который рассчитывают, исходя из индивидуальных харак-

**Таблица 2.** Концентрации загрязняющих веществ и их ПДК в речной воде водотока рук. Кутум (2019 г.)

| Загрязняющие вещества | Концентрация, мг/л |        | С/ПДК |
|-----------------------|--------------------|--------|-------|
|                       | С, мг/л            | ПДК    |       |
| O <sub>2</sub>        | 9.2                | 12.000 | 0.77  |
| БПК <sub>5</sub>      | 2.68               | 3.000  | 0.89  |
| NH <sub>4</sub>       | 0.16               | 0.500  | 0.32  |
| NO <sub>2</sub>       | 0.012              | 0.080  | 0.15  |
| NO <sub>3</sub>       | 0.15               | 9.100  | 0.02  |
| Fe                    | 0.40               | 0.300  | 1.33  |
| Cu                    | 0.0100             | 0.001  | 10.00 |
| Zn                    | 0.0150             | 0.010  | 1.50  |
| Ni                    | 0.0030             | 0.010  | 0.30  |
| Фенол                 | 0.0040             | 0.001  | 4.00  |
| СПАВ                  | 0.05               | 0.500  | 0.10  |

теристик различных водных сообществ (фитопланктона, перифитона и др.), обитающих в водоемах. При этом учитывается способность конкретного вида обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ. Индекс *S* характеризует трофический статус водоема, т.е. насыщенность его организмами, образующими цепочки питания. В соответствии с численным значением индекса *S* нормируется качество воды.

Индекс сапробности также не универсален, так как характеризует только уровень эвтрофирования водного объекта, т.е. его насыщенность органическими веществами, не характеризуя уровень безопасности воды для организмов. Более того, полученный индекс сапробности не позволит найти в воде компоненты, которые снижают качество воды. Комплексные или интегральные по-

казатели способны оценить состояние всей водной среды. Они связаны со многими физико-химическими и биологическими показателями, так как оценивают состояние одного водного объекта. Для комплексной оценки загрязненности воды токсичными веществами использован метод биотестирования, который основан на реакциях определенных организмов, культивируемых в стандартных условиях и помещаемых в конкретную пробу воды. Таким образом, не существует единой универсальной системы оценки качества воды.

В качестве биотестов водных объектов чаще используют ракообразных. В качестве тест-объекта выбрана *Daphniamagna*. Пресноводные рачки *Daphniamagna Straus* в настоящее время считаются наиболее чувствительными и универсальными тест-объектами, поэтому применяются в геоэкологической оценке качества вод аквальных комплексов промышленных агломераций [5, 7].

Отбор проб поверхностных вод и подготовку их к анализу проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 15.1.5.05.-85 и ГОСТ 17.1.5.10.-88. Экотоксикологическая оценка поверхностных вод проводилась во все сезоны года. Данные, полученные в процессе исследований, приведены в табл. 3.

Используя таблицу связи гидрохимических и гидробиологических характеристик (табл. 4.), можно судить об экологическом состоянии водного объекта и классе качества воды.

Согласно полученным данным, состояние водной экосистемы объекта соответствует уровню “ $\alpha$ -мезосапробный”, класс качества воды был определен как – “умеренно загрязненный”, современная стадия протекания природных процессов – “пороговая”. Трофический статус, характеризующий степень развитости пищевых цепей водного объекта, его видовое разнообразие и возраст экосистемы, был оценен как “мезотрофный”.

**Таблица 3.** Биотестирование поверхностных вод (2019 г.)

| Концентрация исследуемых вод, С, % | Десятичный логарифм концентрации lgC | Количество погибших дафний, % | Значение пробитов для гибели, % |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Варвациевский канал                |                                      |                               |                                 |
| 50.00                              | 1.699                                | 20                            | 4.84                            |
| 100.00                             | 2.000                                | 60                            | 5.3                             |
| Рук. Кутум                         |                                      |                               |                                 |
| 50.00                              | 1.699                                | 10                            | 3.72                            |
| 100.00                             | 2.000                                | 40                            | 4.75                            |

**Таблица 4.** Показатели состояния водной экосистемы и качества воды

| Оценочный показатель          | Класс качества воды |                     |                       |                 |                       |                       |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
|                               | 1                   | 2                   | 3                     | 4               | 5                     | 6                     |
|                               | Очень чистая        | Чистая              | Умеренно загрязненная | Загрязненная    | Грязная               | Очень грязная         |
| ИЗВ (индекс загрязнения воды) | 0.2                 | 0.2                 | 1                     | 2               | 4                     | 6                     |
| Индекс сапробности            | 0.5                 | 1.5                 | 2.5                   | 3.5             | 4                     | 6.5                   |
| Нитраты, мгN/л                | 0.05                | 0.2                 | 1.0                   | 2.0             | 2.5                   | 4.0                   |
| БПК5, мгО/л                   | 0.5                 | 1.1                 | 1.9                   | 2.9             | 3.9                   | 10.0                  |
| Фосфаты, мгP/л                | 0.005               | 0.015               | 0.015                 | 0.2             | 0.3                   | 0.6                   |
| Трофность                     | Олиготрофная        | Мезотрофная         | Мезотрофная           | Эвтрофная       | Эвтрофная             | Гиперэвтрофная        |
| Сапробность                   | Ксеносапробная      | Олигосапробная      | α-мезосапробная       | β-мезосапробная | β-мезосапробная       | Полисапробная         |
| Зоны кризисности экосистемы   | Обратимых изменений | Обратимых изменений | Пороговая             | Пороговая       | Необратимых изменений | Необратимых изменений |

## ВЫВОДЫ

Полученные результаты проведенного исследования выявили, что существующая динамика качества воды в основных водотоках городских селитебных территорий Астрахани обнаруживает высокие умеренные степени загрязнения по приоритетным показателям. Поступающие в водоемы загрязнения, в зависимости от их объема и состава, оказывают на них различное влияние: происходят изменения физических свойств воды (изменяется окрас и уровень прозрачности, проявляются посторонние привкусы и запахи); формируются плавающие на поверхности водоема вещества, образуются отложения (донные осадки); меняется химический состав воды (соотношение содержание органических и неорганических веществ, изменяются реакции, формируются вредные вещества); наблюдается уменьшение в воде количества растворенного кислорода, в связи с его потреблением на процессы окисления поступающих в воду органических веществ; меняется число и видовой состав бактерий (болезнетворных), которые вносятся в водоем вместе со сточными водами. Загрязненные городские водотоки становятся непригодными для питьевого и технического водоснабжения; в них погибает флора и фауна [3, 6].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Болонина Г.В., Шарова И.С., Дмитриева М.В.* Геоэкологическая оценка состояния внутригородских водоемов агломератов прикаспийского региона // Геология, география и глобальная энергия. 2013. № 1. С. 145–152.
2. *Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Родзиллер И.Д.* Способ обобщения показателей для оценки качества поверхностных вод // Гидрохимические материалы. 1980. Т. 77. С. 88–96.
3. *Жижимова Г.В.* Влияние урбанизированных территорий на внутригородские аквальные комплексы (на примере г. Астрахань): монография / Г.В. Жижимова, Е.Г. Локтионова, А.Н. Бармин; Минобрнауки РФ, Астраханский гос. ун-т, Астрахань: Астраханский гос. ун-т, 2010. 110 с.
4. *Карпенко Н.П.* Оценка геоэкологической ситуации речных бассейнов на основе атрибутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков // Природообустройство. 2018. № 2. С. 15–22.
5. *Крыжановская Г.В., Иолин М.М., Шарова И.С., Шведова И.Н., Борзова А.С.* Геоэкологические исследования водоемов агломератов в условиях повышенного многопланового использования // Геология, география и глобальная энергия. 2018. № 3 (70). С. 185–193.
6. *Крыжановская Г.В., Шарова И.С., Безуглова М.С., Мармилов А.Н.* Геоэкологическая оценка состояния поверхностных вод рукава КизаньКамызякского района Астраханской области с предложением мер по сохранению геоэкологического благополучия водотока и его акватории // Современные проблемы обеспечения экологической безопасности: Сб. матер. Всерос. очно-заочной научно-практ. конф. с междунар. участием (Орёл, 16 мая 2017 г.). Орёл: РИО ФГБОУ ВО "ОГУ имени И.С. Тургенева". 2017. С. 178–183.
7. *Чернышова А.С., Крыжановская Г.В., Локтионова Е.Г., Дархангалиева К.Х., Шакиев Е.Ж.* Определение качества природных вод с применением тест-организмов // Современные проблемы географии: Межвузовский сборник научных трудов / Сост.

В.В. Занозин, М.М. Иолин, А.Н. Бармин, А.З. Карабаева, М.В. Валов. Астрахань: Астраханский гос. ун-т, 2019. С. 47–51.

8. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. М.: МГУП, 2009. 154 с.

## TECHNOGENESIS INFLUENCE ON SURFACE WATER QUALITY OF AGGLOMERATE WATERCOURSES

G. V. Kryzhanovskaya<sup>a,#</sup>, M. S. Bezuglova<sup>a,##</sup>, and I. S. Sharova<sup>a,###</sup>

<sup>a</sup> Astrakhan State University, Tatishcheva ul., 20a, Astrakhan, 414056 Russia

<sup>#</sup>E-mail: GalaJim@mail.ru

<sup>##</sup>E-mail: marinadenis@ya.ru

<sup>###</sup>E-mail: is\_sharova@mail.ru

Astrakhan is located on eleven islands, which are connected by bridges. All intracity reservoirs of the city are used as local sources of water supply and recreational areas, and they have cognitive, historical and aesthetic value. Constantly increasing anthropogenic pressure on the water bodies of the city leads to deterioration of water quality, as a result of which they become unsuitable for some types of water use. This fact testifies to the importance of conducting a comprehensive geocological study of the main watercourses of the city, as an important residential area. By the example of key watercourses, the change in hydrochemical characteristics of water due to both natural (climatic, hydrological) and anthropogenic (water management, recreational) factors is shown. The assessment of the geocological state of watercourses as functioning aquatic landscape complexes is given. The use of aggregate monitoring methods in the study of water quality indicators of the studied water bodies is caused by the need to improve the system of these indicators and the management system, which allows the best way to organize the decision-making process at all levels in the water quality management system and systematically reduce the harmful effects on water bodies.

**Keywords:** *geocological state of watercourses, biotesting, chemical analysis*

### REFERENCES

1. Bolonina, G.V., Sharova, I.S., Dmitrieva, M.V. *Geoekologicheskaya otsenka sostoyaniya vnutrigorodskih vodoemov aglomeratov prikaspijskogo regiona* [Geocological assessment of the condition of intracity reservoirs of agglomerates of the Caspian region]. *Geology, geography and global energy*, 2013, no. 1, pp. 145–152. (in Russian)
2. Emelyanova, V.P., Danilova, G.N., Rodziller, I.D. *Sposob obobshcheniya pokazatelej dlya otsenki kachestva poverhnostnyh vod* [Method of synthesis of the indicators for assessing the quality of surface waters]. *Hydrochemical materials*, 1980, vol. 77, pp. 88–96. (in Russian)
3. Zhizhimova, G.V. *Vliyaniye urbanizirovannyh territorij na vnutrigorodskie akval'nye komplekсы (na primere g. Astrahan')* [Influence of urbanized territories on intracity aquatic complexes (on the example of Astrakhan)]: monograph / G.V. Zhizhimova, E.G. Loktionova, A.N. Barmin (eds). Astrakhan, Astrakhan University, 2010, 110 p. (in Russian)
4. Karpenko, N.P. *Otsenka geoekologicheskoy situacii rechnyh bassejnov na osnove atributivnyh pokazatelej i obobshchennyh geoekologicheskikh riskov* [Assessment of the geocological situation of river basins on the basis of attributive indicators and generalized geocological risks]. *Prirodoobustrojstvo*. 2018, no. 2, pp. 15–22. (in Russian)
5. Kryzhanovskaya, G.V., Iolin, M.M., Sharova, I.S., Shvedova, I.N., Borzova, A.S. *Geoekologicheskie issledovaniya vodoemov aglomeratov v usloviyah povyshenno-go mnogoplanovogo ispol'zovaniya* [Geocological studies of agglomerate waters under conditions of increased multifaceted use] // *Geologiya, geografiya i global'naya energiya*. 2018, no. 3 (70), pp. 185–193. (in Russian)
6. Kryzhanovskaya, G.V., Sharova, I.S., Bezuglova, M.S., Marmilov, A.N. *Geoekologicheskaya otsenka sostoyaniya poverhnostnyh vod rukava Kizan' Kamyzyakskogo rajona Astrahanskoj oblasti s predlozheniem mer po sohraneniyu geoekologicheskogo blagopoluchiya vodotoka i ego akvatorii* [Geocological assessment of the surface waters of The Kizan river of the Kamyzyaksky district of the Astrakhan region with a proposal of measures to preserve the geocological well-being of the watercourse and its water are]. *Sovremennye problemy obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti: Sbornik materialov Vserossijskoj ochno-zaochnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*, Orel, 2017, pp. 178–183. (in Russian)
7. Chernyshova, A.S., Kryzhanovskaya, G.V., Loktionova, E.G., Darkhangalieva, K.H., Shakiev, E.J. *Opreделение kachestva prirodnyh vod s primeneniem test-organizmov* [Determination of natural water quality using test organisms]. *Sovremennye problemy geografii – Mezhhvuzovskij sbornik nauchnyh trudov*. Astrakhan, Astrakhan University, 2019, pp. 47–51. (in Russian)
8. Shabanov, V.V., Markin, V.N. *Metod otsenki kachestva vod i sostoyaniya vodnyh ekosistem* [Method of assessment of water quality and state of water ecosystems]. Moscow, MGUP, 2009, 154 p. (in Russian)