

МОНИТОРИНГ ИСТОЧНИКОВ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

А.А. Кулаков^{}, А.Ф. Шафигуллина*

Вологодский государственный университет,
Россия, 160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15; **temichhh@yandex.ru; alinaisf@yandex.ru*

Резюме. Сточные воды коммунальных и промышленных предприятий, поверхностные воды с городских и сельских территорий содержат большое количество загрязняющих веществ природного и антропогенного происхождения. Их поступление в водные объекты значительно видоизменяет состав природных вод, гидравлические характеристики водных объектов. Рассмотрены статистические данные по водопотреблению и водоотведению в Вологодской области за 2005-2014 гг. Предложены безразмерные индексы оценки эффективности водопользования. Исследованы 80 малых коммунальных очистных сооружений канализации (ОСК) Вологодской области. 5% очистных сооружений канализации в Вологодской области доводят сточные воды до природоохранных нормативов, остальные являются источником повышенной техногенной нагрузки на водные экосистемы. Разработан индекс техногенной нагрузки на водные объекты, учитывающий объем сбрасываемых сточных вод и их загрязненность. Расчет индекса позволяет ранжировать объекты ЖКХ по величине нагрузки и выявить территории с наибольшим уровнем техногенной нагрузки на водные объекты и ОСК, требующие скорейшей реконструкции.

Ключевые слова. Водные экосистемы, техногенная нагрузка, рациональное природопользование, экологический ущерб, сточные воды.

MONITORING OF SOURCES OF TECHNOGENIC LOAD TO WATER ECOSYSTEMS

A.A. Kulakov^{}, A.F. Shafigullina*

Vologda State University,
15, Lenina str., 160000, Vologda, Russia; **temichhh@yandex.ru; alinaisf@yandex.ru*

Abstract. Municipal and industrial wastewater, also surface waters from urban and rural areas contain a large amount of natural and anthropogenic contaminants. Entrance of contaminants into the water source changes the composition of natural waters, the hydraulic characteristics of water sources. The statistical data on water consumption and wastewater disposal in the Vologda region for 2005-2014 are considered. Dimensionless indices of water consumption efficiency evaluation are proposed. 80 small municipal wastewater treatment plant in the Vologda region were investigated. 5% of wastewater treatment plant in the

Vologda region bring waste water to nature protection norms, the rest are a source of raise environmental footprint on aquatic ecosystems. Was developed an index of environmental footprint on water source, taking into account the volume of wastewater and their contamination. The calculation of the index of environmental footprint allows to classify housing and municipal services objects by the size of the environmental footprint and to identify the territories with the highest level of environmental footprint on water objects and wastewater treatment plant, which require an early reconstruction.

Keywords. Water ecosystems, Technogenic load, Environmental management, Environmental damage, wastewater.

Введение

Развитие промышленности и урбанизация привели к существенному изменению природных экосистем, на их месте сформировались природно-техногенные системы.

Ежегодно в РФ из водных объектов для нужд населения забирается 70,81 млрд м³ вод. После ее использования в хозяйственной и промышленной деятельности образуются сточные воды, которые с различной степенью загрязненности отводятся обратно в водные объекты. Подобный техногенный круговорот воды оказывает значительное влияние на водные экосистемы. При этом, согласно данным Росстата, в РФ лишь 4% (в Вологодской области – 6%) сбрасываемых в водные объекты сточных вод удовлетворяют установленным нормативам (Кулаков, Шафигуллина, 2016).

Сточные воды коммунальных и промышленных предприятий, поверхностные воды с городских и сельских территорий содержат большое количество загрязняющих веществ природного и антропогенного происхождения. Их поступление в водные объекты значительно видоизменяет состав природных вод, гидравлические характеристики водных объектов, тем самым угнетая экосистему.

Механизмы регулирования техногенной нагрузки на водные экосистемы эффективные в крупных городах зачастую не подходят для использования в малых поселениях. Внедрение общедоступной классификации объектов коммунальной деятельности по степени негативного воздействия будет являться важным этапом модернизации сектора жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ).

Разработанный метод оценки влияния выпусков очищенных сточных вод малых населенных пунктов в дальнейшем может быть использован при реализации государственной политики в сфере реформирования ЖКХ и охраны окружающей среды.

Методы и материалы

Целью работы является геоэкологическая оценка водопользования Вологодской области и мониторинг источников техногенной нагрузки на водные объекты.

Для численной оценки больших рядов объектов предложены следующие коэффициенты (Кулаков, Шафигуллина, 2016):

коэффициент эффективности водоснабжения:

$$K_1 = \frac{Q_{заб.} - Q_{н.тр.}}{Q_{заб.}},$$

коэффициент эффективности водоотведения:

$$K_2 = 1 - \frac{Q_{б/оч}}{Q_{сбр.} - Q_{н/чист.}},$$

комплексный коэффициент оценки эффективности водопользования:

$$K = K_1 \cdot K_2$$

где $Q_{заб.}$ - забор воды из природных водных источников для использования, млн m^3 ; $Q_{н.тр.}$ - потери воды при транспортировке, млн m^3 ; $Q_{б/оч.}$ - сброс сточных вод без очистки, млн m^3 ; $Q_{сбр.}$ - сброс сточных вод в водные объекты, млн m^3 ; $Q_{н/чист.}$ - объем нормативно-чистых (не требующих очистки) сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, млн m^3 ;

Для оценки большого количества объектов и выявления их техногенной нагрузки проанализированы 80 малых коммунальных ОСК Вологодской области. В работе рассмотрены только малые коммунальные ОСК, так как крупные очистные сооружения автоматически являются источниками техногенной нагрузки и должны контролироваться в обязательном порядке.

За основу оценки воздействия принята удельная кратность превышения ПДК $K_{уд.прев}$, позволяющая оценить загрязненность сточных вод коммунальных ОСК по пяти показателям, наиболее полно характеризующим работу биологических очистных сооружений (Кулаков, 2012).

Для учета влияния объемов сбросов сточных вод на водные объекты введены поправочные коэффициенты, учитывающие фактическое водоотведение станций.

$$K_{уд.прев} = \left[\frac{1}{n} \cdot \sum \frac{C_{i,ex}}{ПДК_i} \right]$$

где $K_{уд.прев}$ - удельная кратность превышения ПДК; $C_{i,ex}$ - концентрация i -того загрязняющего вещества очищенных сточных водах соответственно, мг $л^{-1}$;

$$K_Q = 0,4666 \cdot Q_{факт}^{0,2545}$$

где K_Q - поправочный коэффициент; $Q_{факт}$ - фактический объем водоотведения, $m^3 \text{ сут}^{-1}$.

В результате разработан индекс техногенной нагрузки на водные объекты ($ИТН_{ВО}$), определяемый по формуле:

$$ИТН_{ВО} = 0,4666 \cdot Q_{факт}^{0,2545} \cdot \left[\frac{1}{n} \cdot \sum \frac{C_{i,ex}}{ПДК_i} \right],$$

Результаты

В общем случае отмечена четкая закономерность снижения объемов использования, что может быть связано с установкой счетчиков на воду и уменьшением объемов потребления воды и, как следствие, изменение коэффициентов эффективности использования водных ресурсов (рис. 1).

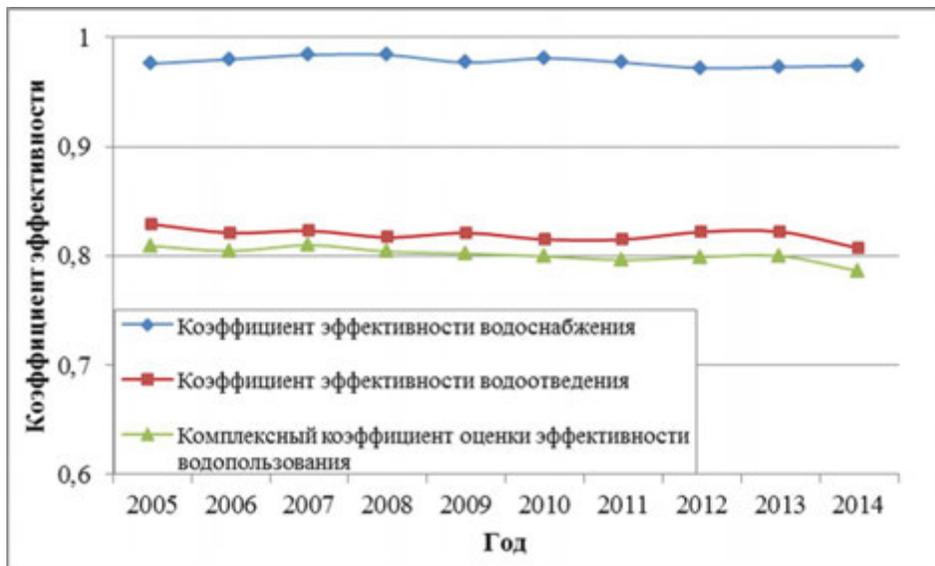


Рисунок 1. Коэффициенты эффективности водопользования

Объемы сброса загрязненных (неочищенных и недостаточно очищенных) сточных вод в водные объекты в России имеют высокий показатель (Статистический сборник, 2014). За последний год их доля увеличилась на 1% и составляет более 1/3 от объема водоотведения, а от объема очищаемых сточных вод – 89%. Необходимо рассматривать вопросы улучшения существующих технологий и возможность сбросов отработанной воды в естественную среду без нанесения ущерба источникам водоснабжения.

Проведенные исследования показали, что лишь 5% очистных сооружений канализации в Вологодской области доводят сточные воды до природоохранных нормативов, остальные являются источником повышенной техногенной нагрузки на водные экосистемы.

Среди выбранных диапазонов $Q_{факт}$ наибольшее удельное превышение ПДК наблюдается на станциях с $Q_{факт}=50...200 \text{ м}^3 \text{ сут}^{-1}$. (рис. 2). При этом диапазон изменчивости значений концентраций загрязняющих веществ для этих станций значительно шире, чем для станций с $Q_{факт}>500 \text{ м}^3 \text{ сут}^{-1}$, что говорит об индивидуальных особенностях и различных режимах эксплуатации схожих по технологии объектов (на всех станциях запроектирована биологическая очистка).

Были выявлены зоны с наибольшей техногенной нагрузкой на основании классификации, представленной в табл. 1. К их числу можно отнести: Череповецкий район, Белозерский, Кадуйский, Нюксенский и Сямженский районы.

В этих зонах водные объекты подвергаются наибольшему воздействию, что может свидетельствовать о большом количестве источников техногенной нагрузки. В то же время Харовский, Вожегодский, Никольский и Великоустюгский районы – зоны с наименьшим воздействием на окружающую среду (рис. 3).

Таблица 1. Уровни техногенной нагрузки на водные объекты Вологодской области

Уровень нагрузки	$K_{уд.прев.}$	$ИТН_{ВО}$
Незначительный	<1	<2
Низкий	1...5	2...8
Средний	5...10	8...16
Высокий	10...20	16...33
Критический	>20	>33

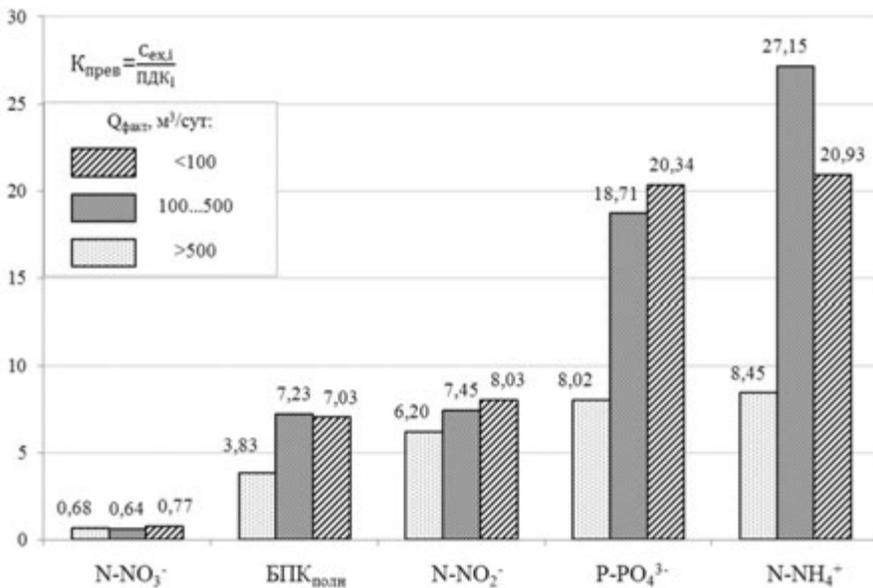


Рисунок 2. Средняя кратность превышения ПДК по анализируемым показателям

На основе исследований и подобных классификаций возможно дальнейшее ранжирование объектов техногенной нагрузки и разработка плана мероприятий по сокращению негативного воздействия не только на водные объекты, но и окружающую среду.

Выводы

Рассматривая вопросы рационального использования водных ресурсов, стоит отметить, что в настоящее время огромное количество воды, необходимое человеку для питьевых и бытовых целей, забирается из подземных и поверхностных водоисточников, проходит соответствующую обработку на

водопроводных очистных сооружениях и подается потребителям. После использования в хозяйственной и промышленной деятельности образуются сточные воды, поступающие в канализационную сеть, а затем – на ОСК. Подобный техногенный круговорот воды оказывает значительное влияние на водные экосистемы. При этом очистные сооружения являются тем самым экологическим барьером, защищающим природную среду от негативного техногенного воздействия.

Рассмотрены статистические данные по водопотреблению и водоотведению в Вологодской области за 2005-2014 гг.

Предложены коэффициенты для оценки эффективности водопользования, которые могут использоваться для ранжирования большого числа объектов и выявления наиболее экономически и экологически уязвимых участков.

Исследованы 80 малых коммунальных очистных сооружений канализации, выявлены районы Вологодской области с наибольшей техногенной нагрузкой на основании классификации уровня нагрузки (незначительный, низкий, средний, высокий, критический).

Список литературы

Кулаков А.А. 2012. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты от малых коммунальных очистных сооружений канализации. – Водочистка, № 11, с. 36-41.

Кулаков А.А., Шафигуллина А.Ф. 2016. Совершенствование водопользования: проблемы и перспективы. – Электронный периодический теоретический и научно-практический журнал «Молочнохозяйственный вестник», Вологда, ВГМХА, № 4, с. 52-62.

Охрана окружающей среды в России. 2014. Стат. сб./Росстат. – М. 87 с.

References

Kulakov A.A. 2012. Ocenka tehnogennoj nagruzki na vodnye ob#ekty ot malyh kommunal'nyh ochistnyh sooruzhenij kanalizacii [Assessment of anthropogenic impact on water bodies from small municipal sewage treatment facilities]. *Vodoochistka – Water treatment*, no. 11, pp. 36-41.

Kulakov A.A., Shafigullina A.F. 2016. Sovershenstvovanie vodopol'zovaniya: problemy i perspektivy [Improvement of water: problems and prospects]. *Jelektronnyj periodicheskij teoreticheskij i nauchno-prakticheskij zhurnal «Molochnohozjajstvennyj vestnik» – Electronic periodic theoretical and scientific-practical magazine "Dairy Farming bulletin"*, Vologda, VGMHA, Publ. no. 4, pp. 52-62.

Ohrana okružhajushhej sredy v Rossii. 2014. Stat. sb./Rosstat. [Environmental protection in Russia. 2014: To become. sb. / Rosstat]. Moscow, 87 p.