

УДК 504.067.2.001.18

**В.М. Удод, Е.Г. Жукова**

**РЕГИОНАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД  
К ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОГО БАСЕЙНА р. КАЛЬМИУС**

Национальный университет  
строительства и архитектуры, г.Киев, Украина  
elenazykova21@gmail.com

*Изучено экологическое состояние гидроэкосистем водного бассейна р. Кальмиус (ВБК). Исследования проводили с учетом пространственно-часового фактора и с использованием новых информационных методов контроля за показателями и их параметрами развития водных экосистем, что позволило выявить причинно-последственные связи в системе гидроэкосистемы – природно-антропогенные водные экосистемы – социально-экономические системы. Показано, что самовосстановительный потенциал ВБК количественно согласуется с максимальной техногенной нагрузкой. Предложенные методы контроля экологического состояния ВБК позволили определить потенциально возможные причины деградации гидроэкосистем.*

**Ключевые слова:** гидроэкосистема, техноемкость, коэффициент самоочищения, сапробность, устойчивое развитие, экологический индекс.

**Введение.** С тех пор, как потребности человека вышли за пределы чисто биологических, основным фактором, который привел к нарушению экологически безопасного развития гидроэкосистем, стало поступление в воду сверхнормативных количеств экотоксикантов техногенного происхождения. В настоящее время на планете Земля практически не осталось поверхностных вод, которые в той или иной степени не были бы загрязнены человеком. В условиях длительного воздействия на водные бассейны техногенные загрязнители приводят к трансформации гидроэкосистем (ГЭ). В результате происходит изменение химического состава воды, уменьшение количества раство-

© В.М. Удод, Е.Г. Жукова, 2015

ренного кислорода в воде, угнетение и гибель гидробионтов, снижение саморегулирующих и самовосстановительных свойств воды и др. [1]. А если учесть, что вода является неотъемлемым компонентом природных и природно-экономических систем, то нерациональное использование водных ресурсов затрагивает в той или иной степени развитие и функционирование ГЭ, приводя их к качественному и количественному истощению.

К числу наиболее сложных аспектов природопользования [2] относятся решения вопросов, связанных с сохранением малых рек, вода которых может быть пригодна для питьевых целей. Специфика сохранения экологически безопасного развития водных экосистем зависит от степени их активного участия вместе с большими реками в экономической и социальной жизни страны [3]. В то же время вода может играть свою экономическую роль лишь в том случае, если обладает необходимыми структурно-функциональными свойствами [1].

В нашей работе рассмотрены вопросы, связанные с информационными методами контроля за инженерно-экологическими показателями и их параметрами качества речной воды. Объектом исследований выбран водный бассейн р. Кальмиус (ВБК), протекающей в Донецкой области (длина – 209 км, площадь – 5070 км<sup>2</sup>) [8]. ВБК в Украине относится к одним из наиболее загрязненных поверхностных водных объектов, где кратность превышения ПДК веществ антропогенного происхождения составляет 10 и более раз. Основопологающим моментом данных исследований стало выяснение причинно-последственных факторов изменения развития и функционирования ГЭ в условиях постоянной техногенной нагрузки.

Такой подход связан с необходимостью установления научных закономерностей развития ГЭ с учетом пространственно-часового фактора и определения интенсивности изменения протекания внутриводоемных процессов, а также идентификации уровня средорегулирующих функций водных экосистем, способных поддерживать устойчивость их параметров.

**Методика экспериментов.** Для определения экологического состояния ВБК исследованы данные экологического мониторинга Центральной геофизической обсерватории [5 – 7] за 30-летний период по всем гидростворам и 45 показателям. Такая продолжительность исследований необходима для установления структурно-функциональных изменений гидроэкосистем с целью определения потенциально возможной

трансформации. Полученные результаты систематизированы с использованием нормативных интегральных показателей – индекса загрязнения воды (ИЗВ) и экологического индекса (И<sub>э</sub>) [8], модифицированных нами; комплексных определений (индекса сапробности (И<sub>сапр</sub>), индекса техноёмкости гидроэкосистем (И<sub>техн</sub>), коэффициента самоочищения (К<sub>с</sub>), а также индекса интенсивности внутриводоемных процессов).

**Результаты и их обсуждение.** Весь ВБК тесно связан с экономикой прилегающих территорий и играет огромную роль в социальной сфере Донецкой области. Взаимодействие человека с системой ВБК – экономика – социум привело к истощению водных ресурсов, их частичной деградации за счет изменения структурно-функциональных свойств ГЭ, и, как следствие, переход ГЭ в новое качество – природно-антропогенную систему [9].

Высокий уровень загрязнения водной среды происходит вследствие неэффективной работы большинства канализационных очистных сооружений, поступления неочищенных поверхностных сточных вод с урбанизированных территорий, несоблюдения экологических нормативов в области инженерных подходов защиты водных ресурсов. Подтверждением этому является тот факт, что в 2011 г. в ВБК было сброшено 554 млн м<sup>3</sup> возвратных вод [9], в результате чего произошла кратность превышения ПДК по содержанию в воде веществ органического и неорганического происхождения. Вода р. Кальмиус выше г. Донецка (р-н запрета сброса организованных возвратных вод) характеризуется кратностью превышения ПДК по таким показателям: 1,3 ПДК БПК<sub>5</sub>, 1,1 ПДК азота нитритного; ниже г. Донецка (после сброса возвратных вод): 1,5 ПДК БПК<sub>5</sub>, 16,1 ПДК азота нитритного, 2 ПДК фенола, 3 ПДК нефтепродуктов. Значительно хуже дело обстоит в районе р. Кальмиус ниже Мариуполя, о чем можно судить по обобщенным индикаторным показателям. Концентрация биогенных элементов от истоков реки до устья в разные периоды колеблется в широких диапазонах (мг/дм<sup>3</sup>): нитритов – от 0,1 до 8,2, нитратов от 0,9 до 35,0, ионов аммония – от 0,1 до 37,8, взвешенных веществ – от 0,7 до 20,0, что приводит к уменьшению прозрачности в два – четыре раза [9, 10]. Таким образом, истощение ВБК проявляется в прогрессирующем снижении способности к самоочищению. Наиболее уязвимое место в ВБК – экологическое состояние небольших рек, которые впадают в Кальмиус, а также водохранилищ. Именно они оказались наиболее восприимчивы к антропогенному влиянию [11].

Результаты оценки экологического состояния воды ГЭ р. Кальмиус показали, что изменение химического состава воды связано с появлением в ней веществ и элементов техногенного происхождения. При этом вещества, загрязняющие ВБК, обнаруживаются в пробах по всем гидростворам в концентрациях, превышающих нормативы для воды рыбохозяйственных водоемов [4], что приводит к функциональным изменениям в ГЭ, касающимся качественных перестроек водных экосистем и приводящим к нарушению их динамического равновесия при развитии ГЭ. Качественное истощение ГЭ бассейна р. Кальмиус проявляется в прогрессирующем снижении их способности к самоочищению, что подтверждается такими показателями, как коэффициент стойкости ГЭ к техногенной нагрузке; индекс сапробности воды с учетом коэффициента эффективности самоочищения (таблица), изменения степени самоочищающей способности всего водного бассейна; индекс техногенной напряженности и динамического равновесия ГЭ, определяющий экологическую ситуацию в них; уровень структурно-функциональных изменений.

Постоянная техногенная нагрузка на ГЭ не позволяет последней восстановить свои саморегулирующие функции и приводит к изменению структурно-функциональных свойств водных экосистем, что впоследствии частично трансформирует ВБК (см. таблицу).

**Выводы.** Таким образом, структурно-функциональные изменения в ГЭ ВБК зависят от трех переменных и могут быть записаны в виде следующей функциональной зависимости:

$$R = f(R_1, I_{\text{сапр}}, I_{\text{техн}}),$$

где  $R$  – уровень структурно-функциональных изменений ГЭ;  $R_1$  – величина, характеризующая устойчивость ГЭ в условиях постоянной техногенной нагрузки.

Описанный процесс характеризует поэтапные изменения структурно-функциональных свойств гидроэкосистем и объясняет потенциально возможные причины деградации ГЭ водного бассейна Кальмиуса, опираясь на проведенные исследования с учетом пространственно-часового фактора.

Влияние антропогенных факторов на гидроэкосистемы р. Кальмиус (средние показатели)

Гидростворы	ИЗВ	I <sub>э</sub>	Коэффициент устойчивости к действию антропогенных факторов ГЭ	I <sub>сщр</sub>	I <sub>э</sub> *	K <sub>с</sub> , %			R
						высокий	средний	низкий	
г. Донецк (3,5 км выше города)	II(0,82)	2,1	0,5	0,18	0,33	9,98	84,15	5,87	0,72
г. Донецк ( в пределах города)	V(5,93)	2,7	6	0,5	1,1	4,62	39,93	55,45	3,0
г. Донецк (5 км ниже города)	VI(8,7)	2,8	3,72	0,31	1,6	2,76	41,01	56,23	1,62
г. Донецк (500 м ниже сброса возвратных вод)	VI(7,7)	4,2	15	1,9	2,4	0,46	18,7	80,84	10,0
г. Мариуполь (11 км выше города)	III(1,68)	3,4	8	0,35	0,24	1,19	18,91	79,9	1,8
г. Мариуполь (в пределах города)	IV(3,8)	4	10	0,46	7	0,59	9,49	89,9	3,5

\*Оценка экологической ситуации в ГЭ [8]: I<sub>э</sub> ≤ 0,3 – обстановка благополучная; I<sub>э</sub> ≈ 1 или 1 < I<sub>э</sub> < 2 – обстановка критическая; I<sub>э</sub> ≥ 10 – обстановка крайне опасная для развития ГЭ.

**Резюме.** Досліджено екологічний стан гідроекосистем водного басейну р. Кальміус (ВБК). Дослідження проводили з урахуванням просторово-часового фактора і з використанням нових інформаційних методів контролю за показниками і параметрами розвитку водних екосистем, що дозволило з'ясувати причинно-наслідкові зв'язки в системі гідроекосистема – природно-антропогенні водні екосистеми – соціально-економічні системи. Показано, що самовідновний потенціал ВБК кількісно узгоджується з максимальною техногенним навантаженням. Запропоновані методи контролю за екологічним станом ВБК дозволили визначити потенційно можливі причини деградації гідроекосистем.

*V. M. Udod, O. G. Zhukova*

## **REGIONAL - ECOLOGICAL APPROACH TO ASSESS THE POSSIBLE CONSEQUENCES OF POLLUTION OF THE WATER OF THE SWIMMING POOL RIVER KALMIUS**

### Summary

Studied the ecological state of aquatic ecosystems of the basin r. Kalmius (IBD). The study was carried out taking into account the space – time factor and using new information methods of monitoring indicators and their parameters for the development of aquatic ecosystems, which helped to clarify the cause and posredstvennye communication system hydroecosystems-natural-anthropogenic aquatic ecosystems – socio-economic system. It is shown that the self-potential IBD quantitatively consistent with the maximum anthropogenic load. Proposed methods of monitoring the ecological status of IBD allowed to determine potential causes of degradation of aquatic ecosystems.

### Список использованной литературы

- [1] *Udod V.M., Yatsiv M.Y. //J. Water Chem. and Technol. – 2013. – 35, N6. – P. 287–294.*
- [2] *Яцик А.В. Водогосподарська екологія: В 2-х т. – К: Генеза, 2003. – Т.1. – 400 с.*
- [3] *Вендров С.Л. Жизнь наших рек. – Л.: Гидрометиздат, 1986. – 112 с.*

- [4] *Паламарчук М.М., Загорчевна Н.Б.* Водный фонд Украины. – К.: Ника-Центр, 2001. – 392 с.
- [5] *Государственный водный кадастр. Гидрохимические бюллетени (I–IV кварталы) /Гос. ком. Украины по гидрометеорологии (1980 – 1984 гг.).* – К.: ФОЛ Укр УКГС, 1981 – 1985.
- [6] *Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Ч.1: Реки и каналы. Вып. 3. Бассейн Северского Донца, рек Крыма и Приазовья /Гос. ком. Украины по гидрометеорологии (1985 – 1990 гг.).* – К.: УОП Укргидромета, 1986 – 1991.
- [7] *Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Ч.1: Реки и каналы. Вып. 3. Бассейн Северского Донца, рек Крыма и Приазовья /Гос. ком. Украины по гидрометеорологии (1991 – 2010гг).* – К.: УОП Укргидромета, 1992 – 2011.
- [8] *Гончарук Е.И.* Коммунальная гигиена. – К.: Здоров'я, 2006. – 792 с.
- [9] *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні за 2011 рік.* – К.: Мін-во екології та природ. ресурсів України, 2012. – 258 с.
- [10] *Паладій І.П., Молодан Г.Н.* /Зб. доп. I Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів (Донецьк, 2004). – Донецьк: ДонНТУ, 2004. – Т.1. – С. 1–5.
- [11] *Жукова Е.Г.* //Материалы Междунар. науч.- практ. конф. "Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная" (Брянск, 09 – 13 мая 2013). – Брянск: ЦНТИ, 2013. – С. 8–11.

Поступила в редакцию 01.11.2013 г.