

2-е изд. М.: Центр охраны дикой природы СоЭС. С. 32 –37.

2. *Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю.* Структурный анализ типов функционирования и эволюции речных бассейнов // Гидрология и геоморфология речных систем. Иркутск: СО РАН, 1997. С. 44-52.

3. *Глазовская М.А.* Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М., 1997. С. 54.

4. *Steinhardt, U., Volk, M.* Meso-scale landscape analysis based on landscape balance investigations: problems and hierarchical approaches for their resolution. *Ecol. Model.* 168, 2003. Pp. 251–265.

5. *Friedrich, K.* Digitale Reliefgliederungsverfahren zur Ableitung bodenkundlich relevanter Flächeneinheiten. *Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten D 21*, Frankfurt. M. 1996, pp. 148-153.

6. *Friedrich, K.* Multivariate distance methods for geomorphographic relief classification, in Heinecke, H., Eckelmann, W., Thomasson, A., Jones, J., Montanarella, L., Buckley, B. (eds.): *Land Information Systems – Developments for planning the sustainable use of land resources*. European Soil Bureau – Research Report 4, EUR 17729 EN, Office for official publications of the European Communities, Ispra, 1998, pp. 259–266.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ
ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

Решетняк О.С.^{1,2}

¹Гидрохимический институт Росгидромета, г. Ростов-на-Дону

²Институт наук о Земле Южного федерального университета,
г. Ростов-на-Дону
olgarel@rambler.ru

В современных условиях антропогенного воздействия проблемы рационального природопользования и охраны водных ресурсов становятся жизненно важными, особенно в промышленных районах, где сложилась напряженная экологическая ситуация, сформировались техногенно нарушенные геосистемы и возросла вероятность возникновения на водных объектах чрезвычайных экологических ситуаций, как природного, так и антропогенного характера [1-3]. Речные экосистемы не всегда способны ассимилировать боль-

шие объёмы поступающих органических и неорганических веществ, что может привести к повышению загрязнённости воды до уровней высокого (ВЗ) и экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ), нарушению естественных закономерностей функционирования экосистем и снижению их стабильности. В связи с этим исследования по изучению изменчивости состояния речных экосистем под воздействием высокой антропогенной нагрузки (при высокой частоте повторяемости случаев ЭВЗ воды) являются актуальными.

Основной опасностью экстремально высокого уровня загрязнения водной среды является ухудшение экологической ситуации на водных объектах. Несмотря на достаточно высокую способность к самоочищению, речные экосистемы весьма чувствительны к антропогенному воздействию и отвечают на испытываемую внешнюю нагрузку, в первую очередь, изменением компонентного состава водной среды. Наглядным проявлением таких изменений является возникновение и увеличение повторяемости случаев экстремально высокого уровня загрязнения воды по одному или нескольким загрязняющим веществам [3, 4].

Основу исследований составляет многолетняя (1995-2010 гг.) режимная гидрохимическая и гидробиологическая информация государственной службы наблюдений (ГСН) Росгидромета. В работе рассмотрены реки или их участки, испытывающие высокую антропогенную нагрузку с наибольшим количеством случаев ЭВЗ (более 25, без учета случаев ЭВЗ при снижении концентрации кислорода в воде ниже 2 мг/дм³). Количество случаев экстремально высокого уровня загрязнения воды и характеристика загрязняющих веществ на отдельных участках рек Европейской территории России (ЕТР) представлены в табл. 1.

Можно отметить, что наибольшая повторяемость случаев экстремально высокого уровня загрязнения воды характерна для отдельных створов на реках Пельшма, Ньюдай, Преголя, Упа, Косьва и нижних участков Волги и Дона. В целом повторяемость возникновения случаев ЭВЗ воды на участках рек ЕТР довольно высокая, однако наблюдается тенденция их уменьшения в период с 2000 по 2010 годы на водотоках южных районов ЕТР.

Перечень ЗВ, высокие концентрации которых обуславливают возникновение ЭВЗ воды отдельных участков речных экосистем ЕТР, различен для рек, находящихся в разных природных зонах. Так, в зонах тундры и лесотундры к числу наиболее характерных

ЗВ, по которым зафиксировано наибольшее число случаев ЭВЗ, следует отнести соединения меди, сероводород, соединения молибдена и никеля, легкоокисляемые органические вещества, дитиофосфат; в зоне тайги – соединения марганца, ДДТ; в зоне смешанных и широколиственных лесов – соединения меди, железа; в зоне лесостепей, степей, полупустынь и пустынь – сероводород, соединения ртути и марганца.

Таблица 1 – Количество случаев ЭВЗ воды и характеристика ЗВ на участках рек ЕТР за период 1995-2010 гг.

Река* (пункты наблюдений)	Кол-во случаев ЭВЗ	ЗВ, по которым наблюдались случаи ЭВЗ
Северная часть ЕТР		
Нюдуай (г. Мончегорск)	310	соединения Cu, Ni, Mo, Hg, ксантогенат бутиловый
Пельшма (г. Сокол)	263	ЛООВ**, фенолы, ХПК, H ₂ S, метанол, лигносульфонаты
Преголя (г. Калининград)	205	сероводород, соединения Hg
Колос-йоки (пгт Никель)	94	соединения Cu, Ni, Hg
Неман (гг. Советск, Неман, д. Мостовое)	73	сероводород
Травяная (г. Мончегорск)	61	соединения Cu
Белая (г. Апатиты)	60	соединения Mo, Hg, фосфаты
Нама-йоки (устье)	41	дитиофосфат
Вычегда (гг. Сыктывкар, Коряжма)	25	соединения Cd
Мезень (д. Малонисогорская)	25	соединения Mn
Центральная часть ЕТР		
Блява (г. Медногорск)	209	соединения Cu, Zn
Упа (п. Ломинцевский, г. Тула, д. Орлово, д. Кулешово)	185	соединения Mn, азот нитритный
Косьва (г. Губаха, с. Перемское)	72	соединения Fe, Mn, фенолы
Дон (гг. Донской, Воронеж)	69	соединения Mn, ДДТ
Москва (гг. Воскресенск, Москва, д. Нижнее Мячково, г. Коломна)	58	азот нитритный и аммонийный, соединения Mn, Pb, фенолы, ДДТ
Хопер (г. Борисоглебск)	36	ДДТ
Ока (гг. Алексин, Коломна, Рязань, Дзержинск)	28	соединения Mn, метанол, формальдегид, азот нитритный
Тихая Сосна (г. Острогожск)	28	ДДТ

<i>Южная часть ЕТР</i>		
Волга (г. Астрахань, с.Верхнее Лебяжье)	182	сероводород, соединения Hg, Cu, Zn, нефтепродукты
Дон (гг. Волгодонск, Ростов, Азов, х. Дугино)	185	соединения Mn, Hg, ДДТ, азот нитритный
Кубань (гг. Армавир, Кропоткин, Темрюк)	49	соединения Fe, Hg, ДДТ
Камбилеевка (с. Камбилеевское)	30	соединения Zn, Cu, ЛООВ, фенолы
Чапаевка (г. Чапаевск)	25	соединения Hg, Mn, бензол, ДДТ
*Приведены реки с наибольшей повторяемостью случаев ЭВЗ воды за период;		
** ЛООВ – легкоокисляемые органические вещества, определяемые по БПК ₅ .		

В условиях высокой антропогенной нагрузки во многих речных экосистемах происходит трансформация компонентного состава водной среды, вызывающая адаптационную перестройку гидробиоценозов. Для любой системы существует диапазон восприимчивости, обусловленный различными видами ответных реакций отдельных видов организмов или их популяций на изменчивость окружающей среды. К числу наиболее значимых факторов, определяющих ответную реакцию, можно отнести ЭВЗ и их концентрации, а также продолжительность воздействия [3].

Ответной реакцией экосистемы на высокий уровень загрязненности водной среды является изменение структурной организации отдельных сообществ водных организмов или экосистемы в целом. Увеличение антропогенной нагрузки и длительность ее воздействия приводит к нарушению стабильности экосистемы и, как следствие, к ухудшению ее экологического состояния. Большинство водных объектов, охваченных гидробиологическими наблюдениями, функционируют в состоянии антропогенного экологического напряжения с элементами экологического регресса (до 70%) [2, 3]. При этом усиление процессов экологического регресса чаще всего проявляется в нарушении основных природных закономерностей развития планктонных и бентосных сообществ водных организмов.

Исследования последних лет показывают, что в результате попадания в водную среду широкого комплекса загрязняющих и токсических веществ усиливаются проявления процесса антропогенного экологического регресса в водных экосистемах, а именно – упрощение межвидовых отношений, структурно-функциональной организации сообществ за счет уменьшения видового разнообразия и

угнетения развития в целом отдельных сообществ водных организмов. Возможные экологические последствия возрастающего антропогенного воздействия чаще всего проявляются в увеличении общей численности бактериопланктона и, особенно, сапрофитной микрофлоры; снижении видового разнообразия фитопланктонных сообществ; выходе на доминирующее положение видов, более устойчивых к загрязнению; повышении индекса сапробности; угнетении развития зоопланктонных сообществ на фоне усиления развития коловраток и циклопид, а также снижении видового разнообразия в сообществах зообентоса, главным образом, за счет выпадения видов – представителей чистых вод и постепенного увеличения относительной численности олигохет [2, 3, 5-7].

Антропогенное загрязнение речных экосистем сопровождается изменением уровня развития бактериопланктона, способного который благодаря своей чувствительности реагировать на поступление в водную среду даже ничтожно малых количеств различных органических соединений. Бактериопланктону принадлежит ведущая роль в самоочищении природных экосистем. По изменению структуры микробных сообществ можно судить о степени антропогенного воздействия и природе загрязняющих веществ [8].

Результаты обобщения многолетней режимной гидробиологической информации ГСН по уровню развития бактериопланктона в реках с высокой частотой повторяемости случаев ЭВЗ показали пространственную неоднородность экосистем по уровню развития микроорганизмов, проявляющуюся в изменчивости общей численности сообщества и значений внутри модального интервала. При этом в воде наблюдаются как высокие значения общей численности бактериопланктона, так и угнетение развития сообщества (например, в р. Ньюдай) на отдельных участках речных экосистем с наибольшим числом случаев ЭВЗ (с высокой антропогенной нагрузкой). Активизацию деятельности бактериопланктонных сообществ следует рассматривать как ответную реакцию на увеличение загрязненности водной среды речных экосистем [3, 9, 10].

Одним из наиболее информативных показателей для оценки экологического состояния речных экосистем является макрозообентос в силу его функциональных особенностей и высокой чувствительности к воздействию токсического и теплового загрязнения [8].

Изменчивость уровня развития и структурной организации макрозообентосных сообществ является универсальным откликом

экосистем на внешнее воздействие [2, 3]. При этом бентосные сообщества отвечают на усиление антропогенной нагрузки и повышение уровня загрязненности водной среды расширением диапазона колебаний общей численности сообщества и уменьшением видового разнообразия бентофауны с выходом на доминирующее положение группы олигохет.

Изменчивость показателей развития макрозообентоса и уровня экологического регресса сообщества в речных экосистемах ЕТР с высокой антропогенной нагрузкой (с высокой частотой повторяемости случаев ЭВЗ воды) представлена в табл. 2.

Таблица 2 – Изменчивость показателей развития макрозообентоса в отдельных речных экосистемах ЕТР, испытывающих высокую антропогенную нагрузку

Река, пункт режимных наблюдений	Диапазон колебаний		Уровень экологического регресса [по 11]	Кол-во случаев ЭВЗ воды
	численно-сти, тыс.экз/м ²	относит. численно-сти олигохет, %		
Колос-йоки, устье	<u>0,13-605*</u> 1,00-19,4	<u>7-100</u> 61-100	Элементы экологического регресса	94
Хауки-лампи-йоки, г. Заполярный	<u>0,15-27,0</u> 0,15-7,0	<u>20-100</u> 75-100	Экологический регресс	22
Нюдауй, г. Мончегорск	<u>0,05-21,1</u> 0,06-1,00	<u>0-73</u> 0-19	Угнетение развития	310
Волга, г. Астрахань	<u>0,02-20,3</u> 0,02-3,86	<u>0-100</u> 40-96	Элементы экологического регресса	145
Волга, с. Верхнее Лебяжье	<u>0,04-29,7</u> 0,14-4,04	<u>3-94</u> 53-94	Элементы экологического регресса	37
Волга, прот. Кигач, с. Подчалык	<u>0,03-62,1</u> 0,24-10,5	<u>0-92</u> 8-48	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса	39
Волга, рук. Камызяк	<u>0,02-35,8</u> 0,21-10,6	<u>0-92</u> 40-89	Элементы экологического регресса	50
Дон, г. Ростов-на-Дону	<u>1,30-77,0</u> 1,10-16,0	<u>0-100</u> 68-100	Элементы экологического регресса	103

*в числителе общий диапазон значений, в знаменателе – модальный интервал.

При повышении уровня экологического регресса происходит либо расширение диапазона колебания численности макрозообентоса с тенденцией увеличения максимальных значений, либо угне-

тение развития сообщества. Периодическое повышение максимальных значений численности сообщества, как правило, вызвано усилением развития группы олигохет (реже хирономид) и сопровождается уменьшением видового разнообразия бентофауны [2, 3].

На основе многолетней режимной гидрохимической и гидробиологической информации ГСН о качестве воды и состоянии водных объектов выявлены возможные негативные изменения состояния отдельных участков речных экосистем с высокой частотой повторяемости случаев экстремально высокого загрязнения воды, проявляющиеся в усилении экологического регресса планктонных и бентосных сообществ водных организмов.

По результатам работы можно сделать следующие выводы.

Определены участки рек на территории ЕТР, испытывающих наибольшую антропогенную нагрузку, что приводит к возникновению случаев экстремально высокого загрязнения водной среды; отмечена тенденция уменьшения количества случаев ЭВЗ воды в период с 2000 по 2010 гг. на водотоках южных районов ЕТР.

Поступление загрязняющих веществ может стимулировать развитие одних групп организмов и угнетение других, нарушать устойчивость водных экосистем и приводить к изменению качества водной среды. Показано, что ответной реакцией гидробиоценозов исследуемых участков речных экосистем является перестройка группового и видового состава отдельных трофических уровней. При усилении процессов экологического регресса отдельных сообществ водных организмов происходит изменение общей численности и структуры сообщества с выходом на доминирующее положение представителей загрязненных вод.

Полученные результаты могут быть в дальнейшем использованы при восстановлении и охране рек ЕТР от загрязнения и разработке комплексного химико-биологического подходов к оценке качества поверхностных вод и состояния водных объектов. Это позволит сохранить благополучие речных экосистем, являющихся средой обитания гидробионтов, и обеспечить сбалансированное устойчивое функционирование экосистем в условиях высокой антропогенной нагрузки.

Литература

1. Горюнова С.В., Попов А.В., Суздалева А.Л., Безносков В.Н. Чрезвычайные экологические и биологические ситуации в техно-

генных водных экосистемах // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Сельскохозяйственные науки», 2002. № 8. С. 10-16.

2. *Никаноров А.М., Брызгалов В.А.* Пресноводные экосистемы в импактных районах России. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК». 2006. 275 с.

3. *Никаноров А.М., Брызгалов А.В., Решетняк О.С.* Реки России в условиях чрезвычайных ситуаций. Ростов-на-Дону: изд-во «НОК». 2012. 308 с.

4. *Решетняк О.С.* Особенности экстремально высокого уровня загрязнения воды экосистемы Нижней Волги // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2014. Т. 23, № 2. С. 103-106.

5. *Никаноров А.М., Брызгалов А.В.* Реки России. Часть I. Реки Кольского Севера (гидрохимия и гидроэкология). Ростов-на-Дону: изд-во «НОК». 2006. 275 с.

6. *Никаноров А.М., Соколова Л.П., Косменко Л.С., Решетняк О.С.* Оценка состояния гидробиоценоза на участках водных объектов Кольского Севера с высокой степенью загрязненности воды соединениями меди и никеля // Метеорология и гидрология, № 11. 2009. С. 69-80.

7. *Решетняк О.С., Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Косменко Л.С.* Антропогенная трансформация водной экосистемы Нижней Волги // Водные ресурсы, 2013. Том 40, № 6. С. 623-632.

8. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем/ Под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.

9. *Олейник Г.Л., Якушкин В.М., Кабакова Т.Л.* Реакция бактериопланктона, как индикатор изменений в экосистеме водоемов в результате антропогенного загрязнения // Гидробиологический журнал, 1996. Т. 32, № 2. С. 29-41.

10. *Решетняк О.С.* Оценка состояния бактериопланктона водных объектов водных объектов Европейского Севера // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, № 12. 2009. С. 343-345.

11. РД 52.24.633. Методические указания. Методические основы создания и функционирования подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. 32 с.