

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЧНЫХ ЗОН УСТЬЕВЫХ ЭКОСИСТЕМ КРУПНЫХ РЕК РОССИИ

На основе анализа многолетней режимной информации Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды (ГСН) проведена оценка изменчивости экологического состояния речных зон устьевых экосистем крупных рек России по гидрохимическим и гидробиологическим показателям состояния водных экосистем. Выявлены тенденции усиления процессов антропогенного экологического регресса сообществ водных организмов и ухудшения экологического состояния речных зон устьевых экосистем от естественного и равновесного до кризисного и критического.

Введение

Занимая особое место на земной поверхности, устьевые области рек играют важную роль в социально-экономическом развитии прибрежных регионов, поскольку обладают огромными природными ресурсами и являются самыми биопродуктивными водными объектами. Несмотря на относительно небольшие размеры их экологическое и хозяйственное значение чрезвычайно велико.

Устьевые области рек представляют собой «промежуточные» и весьма специфичные природные системы, где взаимодействуют и трансформируются два принципиально различных по многим параметрам водных потока — речной и морской.

Устьевые экосистемы рек — экологически одни из самых уязвимых водных объектов, поскольку все естественные и антропогенные изменения режима и состояния реки

и прибрежной морской зоны через речную и морскую границы отражаются в самой устьевой области [1].

Опубликованные в последние годы фундаментальные научные работы [2-6] дают представление о состоянии устьевых областей рек России и о происходящих в них естественных и антропогенных изменениях. Подчеркивается, что во многих устьевых экосистемах произошли изменения водного режима, их состояния и природных условий более сильные и негативные, чем в реках и морях. Имеют место случаи, когда экологическим условиям устьевых областей рек был нанесен серьезный ущерб, связанный с недоучетом особенностей функционирования этих экосистем [4].

Сток речных вод в устья крупных рек России, многолетняя и сезонная изменчивость объемов притока химических веществ являются основными факторами, определяющими условия формирования экологического состояния речных зон устьевых областей рек.

Поэтому ключевой проблемой продолжает оставаться оценка изменчивости современного гидролого-экологического состояния устьевых областей рек и влияние этой изменчивости на динамику гидрохимического режима и степени загрязненности речных зон устьевых экосистем России.

Цель работы — обобщение многолетней гидрохимической и гидробиологической информации для оценки экологического состояния устьевых экосистем крупных рек России: Печенга, Кола, Печора, Обь, Пур, Таз, Енисей, Лена, Яна, Индигирка, Колыма, Волга, Дон, Кубань, Амур, Раздольная и Камчатка.

В.А. Брызгалов*,

кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Гидрохимический институт»

А.М. Никаноров,

член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор, ФГБУ «Гидрохимический институт»

*Адрес для корреспонденции: ghib@aacnet.ru

Материалы и методы исследования

Материалом исследования является многолетняя (1980-2011 гг.) режимная гидрохимическая и гидробиологическая информация государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды (ГСН) Росгидромета о состоянии речных зон устьевых экосистем (на замыкающих створах рек).

Результаты и их обсуждение

Изменчивость состояния речных зон устьевых экосистем рек по гидрохимическим показателям

Анализ проведенных ранее исследований [6-9] показал, что одним из основных источников поступления загрязняющих веществ в устьевые области рек является их перенос с речным стоком с водосбора главной реки и его притоков. При этом физический перенос многих ингредиентов преобладает над внутрисистемными процессами трансформации и заметное количество химических веществ достигает устьевого участка.

Поступление растворенных химических веществ с речным стоком вызывает увеличение нагрузки на трофические цепи и нарушение естественного равновесия между абиотической и биотической составляющими экосистемы. Происходит нарушение стабильности устьевых экосистем, они становятся менее устойчивыми и повышается вероятность возникновения неблагоприятных экологических последствий.

В связи с этим особый интерес представляет оценка тенденции изменчивости состояния речных зон устьевых экосистем крупных рек России в условиях современного антропогенного воздействия.

Сформировавшееся в условиях длительного антропогенного воздействия современное состояние исследуемых устьевых экосистем оценивали по таким гидрохимическим показателям, как содержание растворенного в воде кислорода, биохимическое потребление кислорода (БПК₅ как показатель содержания легкоокисляемых органических веществ), азот аммонийный, с использованием классификатора состояния водных экосистем, разработанного в Гидрохимическом институте (Р 52.24.661-2004) [10].

Расчет модальных интервалов значений перечисленных выше показателей и срав-

О.С. Решетняк,
кандидат географических наук,
старший научный сотрудник,
ФГБУ «Гидрохимический институт»

нение их с критериями, представленными в классификаторе [10], позволили оценить состояние речных зон устьевых экосистем крупных рек России за многолетний период.

Состояние речных зон устьевых экосистем по содержанию растворенного в воде кислорода условно можно оценить, как

- ♦ «естественное» для рек Печенга, Кола, Енисей, Лена, Дон и Камчатка;
- ♦ переходное из «естественного» в «равновесное» для рек Яна, Индигирка, Колыма, Кубань и Волга;
- ♦ переходное из «кризисного» или «катастрофического» в «равновесное» или «естественное» для рек Обь, Пур, Таз, Амур и Раздольная;
- ♦ переходное из «кризисного» в «естественное» для р. Печора (обусловлено естественными гидрохимическими особенностями реки) (табл. 1):

По содержанию легкоокисляемых органических веществ и азота аммонийного состояние оценивалось как:

- ♦ «естественное» и «равновесное» для устьевых экосистем рек Печенга, Кола, Енисей, Колыма, Кубань и Камчатка;
- ♦ переходное из «естественного» и «равновесного» в «кризисное» для устьевых экосистем рек Печора, Пур, Лена, Яна, Индигирка, Волга;
- ♦ переходное из «равновесного» в «кризисное» или «критическое» для устьевых экосистем рек Обь, Таз, Дон, Амур и Раздольная (табл. 1).

Сравнительный анализ результатов оценки состояния речных зон устьевых экосистем крупных рек России по гидрохимическим показателям позволяет говорить о тенденции ослабления стабильности и ухудшении состояния устьевых экосистем рек Обь, Таз, Амур и Раздольная по всем показателям; рек Пур и Печора — по содержанию растворенного в воде кислорода и р. Дон — по содержанию легкоокисляемых органических веществ и азота аммонийного.

Изменчивость состояния речных зон устьевых экосистем рек по гидробиологическим показателям

Высокая антропогенная нагрузка на водные экосистемы и трансформация компонентного состава водной среды приводит к нарушению их естественного функционирования и изменению экологического состояния по отдельным сообществам водных организмов.

Таблица 1

Пространственная изменчивость состояния речных зон устьевых экосистем рек по гидрохимическим показателям

Река, замыкающий створ	Растворенный в воде кислород		БПК ₅ (легкоокисляемые органические вещества)		Азот аммонийный	
	минимальные значения концентрации, мг/л	состояние	модальный интервал значений концентрации, мг/л	состояние	модальный интервал значений концентрации, мг/л	состояние
Европейский Север						
Печенга, ст. Печенга	7,01-9,22	естественное	0,75-1,78 (65)*	равновесное	н.о.** -0,07 (83,4)	естественное
Кола, г. Кола	6,77-8,68	естественное	0,16-1,19 (79)	переходное из естественного в равновесное	н.о.-0,42 (76)	равновесное
Печора, с. Оксина	2,24-7,70	переходное из кризисного в естественное	0,54-2,44 (65)	переходное из равновесного в кризисное	н.о.-0,06 (53,5)	естественное
Сибирь						
Обь, г. Салехард	0,53-4,00	переходное из катастрофического в кризисное	0,16-2,32 (83)	переходное из естественного в кризисное	н.о.-1,36 (90)	переходное из равновесного в критическое
Пур, пос. Самбург	0,70-4,53	переходное из катастрофического в равновесное	1,05-2,58 (76,5)	переходное из равновесного в кризисное	0,14-0,89 (64,3)	переходное из равновесного в кризисное
Таз, пос. Тазовский	2,60-6,14	переходное из кризисного в естественное	2,50-3,30 (60)	кризисное	н.о.-1,06 (75)	переходное из равновесного в кризисное
Енисей, г. Игарка	7,84-9,24	естественное	0,50-1,80 (81,2)	равновесное	н.о.-0,23 (70)	равновесное
Лена, с. Кюсюр	6,23-9,83	естественное	1,61-3,03 (69)	кризисное	н.о.-0,08 (73,7)	естественное
Яна, п.ст. Юбилейная	5,88-7,76	переходное из естественного в равновесное	0,04-2,60 (72)	переходное из естественного в кризисное	н.о.-0,05 (65)	естественное
Индигирка, пос. Чокурдах	5,57-8,90	переходное из естественного в равновесное	1,11-2,95 (79,5)	переходное из равновесного в кризисное	н.о.-0,18 (91)	равновесное
Колыма, г. Среднеколымск	5,52-8,10	переходное из естественного в равновесное	0,09-1,57 (80,3)	переходное из естественного в равновесное	н.о.-0,06 (72)	естественное
Юг России						
Дон, ст. Раздорская	6,89-10,3	естественное	0,60-5,00 (77,5)	переходное из равновесного в критическое	н.о.-0,12 (71,8)	равновесное
Кубань, хут. Тиховский	5,6-7,88	переходное из естественного в равновесное	0,84-1,53 (57,3)	равновесное	н.о.-0,27 (65)	равновесное
Волга, с. Верхнее Лебяжье	4,71-7,45	переходное из естественного в равновесное	0,42-3,71 (69,3)	переходное из равновесного в кризисное	н.о.-0,10 (88)	естественное
Дальний Восток						
Амур, с. Богородское	3,14-7,10	переходное из кризисного в естественное	0,93-2,48 (74,4)	переходное из равновесного в кризисное	н.о.-0,66 (81)	переходное из равновесного в кризисное
Раздольная, г. Уссурийск	3,55-7,88	переходное из кризисного в естественное	1,10-3,90 (63)	переходное из кризисного в катастрофическое	н.о.-1,44 (63,7)	переходное из равновесного в критическое
Камчатка, пос. Ключи	7,17-8,45	естественное	0,21-0,97 (67)	естественное	н.о.-0,04 (70,3)	естественное
Примечание: *частота встречаемости значений модального интервала, %; **н.о.-ниже предела обнаружения.						

Таблица 2

Изменчивость эффекта антропогенного воздействия в водной среде речных зон устьевых экосистем рек России

Река	Замыкающий створ	Мода вариационного ряда численности фитопланктона, тыс. кл/мл	Относительная плотность вариационного ряда, P_0 %	Эффект антропогенного воздействия по [10]
Печенга	ст. Печенга	1,10	41	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса
Кола	г. Кола	1,10	45	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса
Лена	с. Кюсюр	0,66	68,5	Элементы экологического регресса
Дон	г. Ростов-на-Дону	2,1	20	Антропогенное напряжение с элементами эвтрофирования (низкий эвтрофирующий эффект)
Волга	с. Верхнее Лебяжье	1,49	27,8	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса

Закономерным следствием нарушения устойчивости водных экосистем является развитие кризисных экологических ситуаций, которые сопровождаются антропогенной трансформацией структурной организации гидробиоценозов. При этом, как правило, наблюдается усиление процессов антропогенного эвтрофирования или экологического регресса. Кроме того, экологический регресс экосистем периодически может прерываться всплесками развития фитопланктона, характерными для антропогенного эвтрофирования, что будет свидетельствовать о крайне нестабильном состоянии экосистемы [11].

В условиях, когда оценка степени загрязненности водной среды и состояния водных экосистем по гидрохимическим показателям показывает высокий уровень антропогенного воздействия, именно анализ структурной организации сообществ водных организмов становится определяющим, т.к. позволяет более объективно оценить изменчивость экологического состояния водных экосистем.

Несмотря на относительно низкую пространственную разрешимость гидробиологических наблюдений ГСН в речных зонах устьевых областей рек, накопленная информация по внутри- и межгодовой изменчивости уровня развития и структурной организации гидробиоценозов исследуемых рек приобретает особую важность и позволяет выявить направленность внутрисистемных процессов (антропогенное эвтрофирование или экологический регресс). Для этого определяют эффект антропогенного воз-

Ключевые слова: экологическое состояние, гидрохимические и гидробиологические показатели, устьевые экосистемы рек, антропогенный экологический регресс сообществ

действия на экосистему (по статистическим характеристикам распределения общей численности фитопланктона) [10].

Проведенная статистическая обработка многолетних гидробиологических данных [12] позволяет заключить, что, несмотря на тенденцию повышенного содержания в водной среде минеральных форм азота и фосфора, в исследуемых экосистемах наблюдается низкий уровень процесса антропогенного эвтрофирования на фоне усиления процессов экологического регресса (табл. 2).

Как показано нами ранее, даже мощные устьевые экосистемы с высокой самоочищающей способностью не способны в полной мере ассимилировать поступающие загрязняющие вещества, что ухудшает их экологическое состояние и наблюдается усиление процессов антропогенного экологического регресса сообществ водных организмов [13, 14].

Для оценки уровня экологического регресса экосистем на речных участках исследуемых экосистем использованы информативные показатели развития бактериопланктона, фитопланктона и макрозообентоса. Сравнение модальных интервалов значений общей численности этих сообществ и относительной численности олигохет в макрозообентосе с критериями классификатора оценки уровня экологического регресса [10] показало тенденцию повышения уровня экологического регресса по мере усиления антропогенного воздействия (табл. 3-5).

Таблица 3

Уровень экологического регресса и состояние речных зон устьевых экосистем рек Европейского Севера

Модальный интервал значений численности бактериопланктона, млн.кл/мл	Уровень экологического регресса (состояние экосистемы по Р 52.24.776)	Сообщество макрозообентоса		
		модальный интервал		Уровень экологического регресса (состояние экосистемы по Р 52.24.776)
		общей численности макрозообентоса, тыс.экз/м ²	относительной численности олигохет, %	
р. Печенга — ст. Печенга				
0,50-3,00	Элементы экологического регресса (равновесное)	1,10-9,96	50-98	Элементы экологического регресса (кризисное)
р. Кола — г. Кола				
0,80-1,65	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса (равновесное)	1,30-9,60	3-29	Антропогенное напряжение (равновесное)

Таблица 4

Уровень экологического регресса и состояние речных зон устьевых экосистем рек Сибири и Дальнего Востока

Модальный интервал значений численности фитопланктона, тыс. кл/мл	Уровень экологического регресса (состояние экосистемы по Р 52.24.776)	Сообщество макрозообентоса		
		модальный интервал		Уровень экологического регресса (состояние экосистемы по Р 52.24.776)
		общей численности макрозообентоса, тыс. экз/м ²	относительной численности олигохет, %	
р. Лена — с. Кюсюр				
0,05-1,80	Элементы экологического регресса (кризисное)	0,12-0,28	0-36	Элементы экологического регресса (переходное от естественного в равновесное)
р. Колыма — с. Колымское				
0,10-0,54	Элементы экологического регресса (критическое)	нет данных	нет данных	
р. Раздольная — г. Уссурийск				
нет данных	нет данных	0,09-0,53	51-100	Элементы экологического регресса (критическое)
р. Амур — г. Хабаровск*				
0,56-2,19	Элементы экологического регресса (кризисное)	нет данных	нет данных	

*рассмотрен данный пункт наблюдений, поскольку на замыкающем створе реки гидробиологические наблюдения не ведутся

При усилении процесса антропогенного экологического регресса сообществ происходит ухудшение экологического состояния речных зон устьевых экосистем, которое условно можно оценить по классификатору состояния устьевых экосистем (Р 52.24.776-2012) [15]. Так, по численности бактериопланктона состояние речных зон устьевых экосистем рек Печенга и Кола можно оценить как «равновесное», по уровню разви-

тия фитопланктонных сообществ состояние меняется от «равновесного» (р. Волга) до «кризисного» (рр. Лена, Дон и р. Амур) и «критического» (р. Колыма), по показателям развития макрозообентоса — от «естественного» и «равновесного» (рр. Лена, Кола) до «кризисного» (рр. Печенга, Волга) и «критического» (рр. Дон и Раздольная) (табл. 3-5).

Таким образом, характер антропогенной трансформации структурной организации и

Таблица 5

Уровень экологического регресса и состояние речных зон устьевых экосистем рек Юга России

Модальный интервал значений численности фитопланктона, тыс. кл/мл	Уровень экологического регресса (состояние экосистемы по Р 52.24.776)	Сообщество макрозообентоса		
		модальный интервал		Уровень экологического регресса (состояние экосистемы по Р 52.24.776)
		общей численности макрозообентоса, тыс. экз/м ²	относительной численности олигохет, %	
р. Дон — г. Ростов-на-Дону*				
0,10-3,70	Элементы экологического регресса (кризисное)	1,10-16,0	68-100	Элементы экологического регресса (критическое)
р. Волга — с. Верхнее Лебяжье				
0,08-6,80	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса (равновесное)	0,14-4,04	53-94	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса (кризисное)
*рассмотрен данный пункт наблюдений, поскольку на замыкающем створе реки гидробиологические наблюдения не ведутся				

уровня развития планктонных и бентосных сообществ водных организмов предопределены спецификой компонентного состава загрязняющих веществ, поступающих с речным стоком в устьевые области рек.

Заключение

Оценка экологического состояния речных зон устьевых экосистем крупных рек России проведена на основе многолетней (1980-2011 гг.) режимной гидрохимической и гидробиологической информации ГСН Росгидромета по гидрохимическим показателям (содержание растворенного в воде кислорода, БПК₅, азот аммонийный) и информативным гидробиологическим показателям состояния водных экосистем (общая численность бактерио- и фитопланктона, макрозообентоса и относительная численность олигохет в составе бентофауны). Проведены расчет модальных интервалов значений перечисленных выше показателей и сравнение их с критериями, представленными в классификаторах состояния водных экосистем, разработанных в Гидрохимическом институте.

Важно отметить, что в условиях, когда оценка степени загрязненности водной среды и состояния водных экосистем по гидрохимическим показателям показывает высокий уровень антропогенного воздействия, анализ структурной организации сообществ водных организмов становится определяющим, т.к. позволяет более объективно оценить изменчивость экологического состояния водных экосистем.

Результаты проведенных исследований позволили выявить тенденцию усиления процессов антропогенного экологического регресса сообществ и происходящее при этом ухудшение экологического состояния речных зон устьевых экосистем от «естественного» и «равновесного» до «кризисного» и «критического».

Исследование проведено при поддержке гранта РФФИ — проект 12-05-00084а.

Литература

1. Михайлов В. Н. Устьевые области рек: гидролого-экологические проблемы и пути их решения // Эрозионные и русловые процессы. Вып.2. Материалы корд. совещ. ВУЗов 1991—1995 гг. / Под ред. проф. Чалова Р.С. М.: Изд-во Моск. унта. 1996. С. 210-217.
2. Михайлов В. Н. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС. 1997. 413 с.
3. Комплексные исследования устьев рек Европейского Севера России. Архангельск: Изд-во АГТУ. 2003. 83 с.
4. Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования / Под ред. Н. И. Алексеевского. М.: ГЕОС. 2007. 585 с.
5. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая: гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития. М.: ГЕОС. 2007. 445 с.
6. Никаноров А. М. Реки России. Часть II. Реки Европейского Севера и Сибири / А. М. Никаноров,

- В. А. Брызгало. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК». 2010. 296 с.
7. Никаноров А. М. Реки Российской Арктики в современных условиях антропогенного воздействия / А. М. Никаноров, В. В. Иванов, В. А. Брызгало. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2007. 280 с.
8. Никаноров А. М. Реки России. Часть IV. Реки Дальнего Востока / А. М. Никаноров, В. А. Брызгало. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2011. 324 с.
9. Никаноров А. М. Реки России. Часть V. Реки Приазовья / А. М. Никаноров, В. А. Брызгало, М. Ю. Кондакова. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2012. 316 с.
10. Р 52.24.661-2004. Рекомендации. Оценка риска антропогенного воздействия приоритетных загрязняющих веществ на поверхностные воды суши. М.: Метеоагентство Росгидромета. 2006. 26 с.
11. Никаноров А. М. Пресноводные экосистемы в импактных районах России / А. М. Никаноров, В. А. Брызгало. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК». 2006. 275 с.
12. Ежегодники качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям на территории деятельности Мурманского, Приморского, Дальневосточного, Северо-Кавказского УГМС, Тиксинского филиала Якутского УГМС. 1980–2011 гг. Изд-во УГМС, 1981-2012.
13. Никаноров А. М. Антропогенная трансформация структурной организации гидробиоценоза устьевой области р. Лены / А. М. Никаноров, В. А. Брызгало, Л. С. Косменко, О. С. Решетняк // Водные ресурсы, 2011. Т. 38. № 3. С. 306-314.
14. Никаноров А. М. Устьевая область р. Колыма в современных условиях антропогенного воздействия / А. М. Никаноров, В. А. Брызгало, Л. С. Косменко, О. С. Решетняк // Метеорология и гидрология. 2011. № 8. С. 74-88.
15. Р 52.24.776-2012. Рекомендации. Оценка антропогенной нагрузки и риска воздействия на устьевые области рек с учетом их региональных особенностей. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2012. 28 с.

V.A. Bryzgalo, A.M. Nikanorov, O.S. Reshetnyak

KECOLOGICAL STATE VARIABILITY OF MOUTH ECOSYSTEMS OF BIG RIVERS OF RUSSIA

Ecological state variability of mouth ecosystems of big rivers of Russia was estimated using hydrochemical and hydrobiological indicators. This analysis is based on information of many years collected by State service of environmental monitoring. Trends of enhancement of anthropogenic ecological regress of water biocommunities and ecological degradation of river mouth ecosystems from natural and balanced to critical level are detected.

Key words: ecological state, hydrochemical and hydrobiological indicators, river mouth ecosystems, anthropogenic ecological regress of communities