

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА

О.С. Решетняк

ГУ Гидрохимический институт Росгидромета (ГУ ГХИ)
Ростов-на-Дону, Россия

Исследование проведено на основе анализа многолетней режимной гидрохимической и гидробиологической информации Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей природной среды. Представлены основные характеристики водных объектов: степень загрязненности водной среды, приоритетные загрязняющие вещества. Рассмотрены основные тенденции изменчивости развития гидробиоценоза. По результатам комплексных исследований проведена оценка изменения экологического состояния водных объектов Кольского Севера и риска воздействия антропогенных факторов на экосистемы. Показано, что для оценки экологического риска наиболее информативными показателями являются показатели развития бактериопланктона и макрозообентоса.

Ключевые слова: водные объекты Кольского Севера, оценка экологического риска, гидробиоценоз.

The investigation was based on analysis of long-term regime hydrochemical and hydrobiological data from The State Service of Supervision. The main characteristics such as pollution degree, priority pollutions were done. The trends of development of biota were considered. Multidisciplinary research was used as the basis for assessment of the ecological condition variability of the Kola North water bodies and anthropogenic effect risk. It is shown that parameters of the bacterioplankton and macrozoobentos development are very informative parameters for the ecological risk assessment.

Keywords: water bodies of the Kola North, ecological risk assessment, biotic.

Введение

Проблема оценки экологического риска антропогенного воздействия особо актуальна не только в нашей стране, но и в мире. Многие страны принимают экологические доктрины, стратегии экологической безопасности, направленные прежде всего на сохранение окружающей природной среды, поддержание ее целостности и нормального функционирования, на повышение качества жизни и улучшение здоровья людей и на обеспечение экологической безопасности регионов.

Преобразование природной среды в условиях внешнего воздействия формирует экологический риск, который является детерминированным производным от характера природных процессов и явлений [1]. Одним из важнейших прикладных направлений является анализ и управление экологическим риском. Но первоочередной задачей остается оценка экологического риска. Она представляет собой процедуру [2–4] выявления одного или нескольких стрессовых

для экосистемы факторов и определения вероятности их опасного воздействия на совокупность живых организмов, включая и человека. До сих пор не разработана комплексная система оценки экологического риска воздействия, все имеющиеся в литературе данные по оценке экологического риска рассматривают отдельные компоненты водных объектов: водную среду, донные отложения, биоразнообразие или другие показатели экосистемы [3–10].

Существует много формулировок термина «оценка риска»: «экологическая оценка», «эколого-географическая оценка», «географо-экологическая оценка» и др. Чаще всего концепция оценки риска антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы основана на анализе факторов риска (в частности, загрязняющих веществ) в комплексе с гидробиологическими параметрами состояния водных экосистем, с учетом региональных особенностей.

Для оценки риска воздействия необходимо сначала оценить экологическое состояние водного объекта. Различными авторами в понятие

«экологическая оценка состояния природной системы» вкладывается различный смысл в зависимости от целей, задач и масштаба исследования [11]:

– определение степени пригодности природных комплексов и их компонентов для жизни организмов;

– параметрическое определение состояний природной среды; получение «портрета системы» и соотнесение его с «портретом нормы» экосистемы;

– эколого-географическое нормирование состояния природной системы и внешнего воздействия на нее;

– оценка устойчивости функционирования экосистемы;

– оценка химического, биологического состава и физических свойств водного объекта, обуславливающих его устойчивое функционирование;

– исследование параметров структуры и функционирования экосистем природного объекта в естественных и измененных условиях с целью их рационального использования.

Таким образом, основной акцент в геоэкологических исследованиях чаще всего делается на выявление степени трансформации подверженных антропогенному воздействию природных объектов различных уровней иерархии.

В общем смысле под анализом риска антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы подразумевается процесс выявления и оценки возможных негативных последствий в результате возникновения нарушений структурно-функциональной организации экосистем и представление этих нарушений в количественных показателях [10, 12].

Материал и методология исследования

Сбор, обобщение и анализ результатов сетевых режимных наблюдений позволили включить в матрицу исходного массива данных многолетнюю (за период 1980–2007 гг.) режимную гидрохимическую и гидробиологическую информацию по 15 пунктам наблюдений Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей природной среды (ГСН) на 14 водных объектах Кольского Севера. Внутригодовая частота отбора проб по гидрохимиче-

ским показателям составляла от 4 до 50 раз (чаще 6–10 раз), по гидробиологическим – от 1 до 12 раз (чаще 3–6 раз).

Для изучения были выбраны те пункты режимных наблюдений, на которых проводятся регулярные гидрохимические и гидробиологические наблюдения. Экологически значимыми для проведения исследования приняты вариационные ряды, включающие не менее 15–20 лет режимных наблюдений.

Оценку экологического риска антропогенного воздействия на водные объекты Кольского Севера будем рассматривать как возможность определения вероятных изменений экосистемы под воздействием антропогенных или иных факторов воздействия. Эти вероятностные изменения возможно проследить на основе анализа совокупности:

– абиотических и биотических параметров состояния водной среды;

– степени загрязненности водной среды (по методу комплексной оценки степени загрязненности [13]);

– характеристик развития планктонных и бентосных сообществ.

Для выявления и оценки риска антропогенного воздействия был проведен анализ и обобщение многолетней режимной гидрохимической и гидробиологической информации. Были поставлены и решены следующие задачи:

– анализ многолетней режимной гидрохимической и гидробиологической информации о пространственно-временной изменчивости состояния сообществ водных организмов и их среды обитания;

– выявление и количественная оценка диапазонов колебаний приоритетных гидрохимических (для оценки степени загрязненности водного объекта) и гидробиологических показателей;

– выбор наиболее информативных параметров отклика экосистемы на антропогенное воздействие;

– выявление неоднородности в структурно-функциональной организации сообществ водных организмов;

– сравнительный анализ отклика отдельных сообществ гидробиоценоза на различное по уровню антропогенное воздействие;

– анализ возможных экологических последствий антропогенной нагрузки на экосистему;

– определение достаточно надежных признаков, характеризующих возможную изменчивость в развитии гидробиоценоза при ухудшении качества водной среды, за пределами которого система утрачивает свою устойчивость к воздействию.

Сложность биологической организации водных экосистем предопределяет сложности в разработке подходов к оценке риска антропогенного воздействия.

Результаты и обсуждение

Проведенные расчеты и анализ многолетней изменчивости комбинаторного индекса загрязненности воды (КИЗВ) [13] за период с 1980 по 2007 год позволили оценить загрязненность водной среды исследуемых рек Кольского Севера (и ранжировать их по степени загрязненности) как:

– переходную от слабо к весьма загрязненной для рр. Патсо-йоки, Кица, Териберка, Ковдора, Нива, Вите;

– переходную от весьма к очень загрязненной для рр. Печенга, Кола, Вирма, Можель;

– переходную от очень загрязненной к грязной для рр. Колос-йоки, Луоттн-йоки;

– очень и чрезвычайно грязную для рр. Рос-та и Ньюдай.

При длительном антропогенном воздействии на речные экосистемы многие из обычно присутствующих в водной среде ингредиентов по мере накопления переходят в разряд приоритетных загрязняющих веществ.

Сбор и детальный анализ режимной гидрохимической информации сети ГСН по изменчивости компонентного состава растворенных химических соединений в водной среде исследуемых рек показал высокую пространственно-временную изменчивость их концентрации. За исследуемый период общий диапазон колебания максимальных концентраций наиболее изменялся по сумме легкоокисляемых органических веществ, фенолам и нефтепродуктам. Отмечены также случаи нарушения кислородного режима в грязных водных объектах.

Характерной особенностью многих водных объектов Кольского Севера является присутствие в природных незагрязненных водах соединений меди, железа, цинка, никеля. Повышенные концентрации соединений металлов в этих водных объектах при отсутствии сбросов сточных вод и выбросов предприятий наблюдаются в межледовые периоды, когда питание осуществляется преимущественно грунтовыми водами. Повышенные концентрации тяжелых металлов обусловлены вымыванием их из горных пород [14].

Таким образом, длительное антропогенное воздействие на речные экосистемы рек Кольского полуострова вызвало изменение компонентного состава абиотической среды с общей тенденцией расширения межгодовых и внутригодовых диапазонов колебания концентрации многих гидрохимических показателей и повышения частоты повторяемости высокой кратности превышения ПДК по приоритетным загрязняющим веществам.

Анализ полученной информации позволяет заключить, что в число основных приоритетных параметров изменчивости компонентного состава водной среды исследуемых водных объектов следует включить фенолы, нефтепродукты, соединения меди, соединения железа. Обогащение водной среды рек Кольского Севера минеральными формами азота, фосфора и многими другими загрязняющими веществами является одной из первопричин возможной трансформации структурной организации и уровня развития сообществ водных организмов, что подтверждается и ранее проведенными исследованиями ГУ ГХИ [15–17].

Выявлены заметные изменения структурной организации сообществ водных организмов, что позволяет рассматривать их как признаки проявления рисков антропогенного воздействия за счет усиления таких внутрисистемных процессов, как антропогенное эвтрофирование и экологический регресс [15–17].

Оценка изменчивости экологического состояния выполнена по совокупности показателей структурной организации планктонных (бактериопланктон, фитопланктон) и бентосных (макрозообентос) сообществ водных организмов с привлечением таких важнейших характеристик, как численность организмов, видовое

разнообразии, соотношение различных групп организмов в каждом сообществе, массовые виды и виды – индикаторы загрязнения. Обработаны и проанализированы результаты гидробиологических наблюдений на водотоках Кольского полуострова [18].

Результаты обобщения гидробиологической информации по общей численности бактериопланктона на отдельных участках исследуемых рек за многолетний период показали значительную пространственную неоднородность экосистем по уровню развития микроорганизмов. Явно прослеживается общая тенденция увеличения их численности при усилении антропогенного воздействия. Сформировавшийся под влиянием антропогенного воздействия режим биогенных элементов в воде рр. Луоттн-йоки, Ена, Ковдора, Можель, Печенга создал благоприятные условия для периодического усиления процесса антропогенного эвтрофирования.

Проведенная оценка характера изменения качественных и количественных показателей развития фитопланктонных сообществ исследуемых рек позволяет разделить их экосистемы по эффекту антропогенного воздействия на две группы, в которых периодически проявляются последствия усиления процесса антропогенного эвтрофирования и токсичного воздействия на сообщество.

Как показали результаты анализа структурной организации макрозообентоса, периодическое повышение максимальных значений общей численности сообщества вызвано усилением развития группы олигохет, реже хирономид. Экологический регресс сообщества, проявляющийся в уменьшении группового и видового разнообразия и выходе на доминирующее положение группы олигохет, довольно отчетливо проявляется в речных экосистемах с грязной и очень грязной водной средой.

Полученные результаты анализа изменчивости уровня развития и структурной организации гидробиоценозов рек Кольского Севера приобретают особую важность, поскольку обратимая или необратимая ответная реакция планктонных и бентосных сообществ на антропогенное воздействие является прямым откликом водных сообществ на совокупное воздействие комплекса загрязняющих веществ, способных вызвать либо антропогенное эвтрофирование

водного объекта, либо экологический регресс [19–21].

Для выявления направленности внутриводоемных процессов проведена оценка эффекта антропогенного воздействия. Последняя базировалась на статистической обработке многолетней режимной информации по общей численности фитопланктонных сообществ с последующим сравнением полученных результатов с классификатором, приведенным в соответствующих руководящих документах [20].

Проведенная статистическая обработка показала, что в весьма и слабо загрязненных реках сообщество фитопланктона (табл. 1) находится в состоянии антропогенного напряжения с элементами экологического регресса (рр. Патсойоки, Териберка, Печенга, Кола, Нива, Ена). На усиление степени загрязненности водной среды, особенно, органическими и биогенными веществами, фитопланктонное сообщество отвечает развитием процессов антропогенного эвтрофирования (рр. Ковдора, Можель, Вирма, Луоттн-йоки).

В очень и чрезвычайно грязных реках (рр. Роста и Ньюдуай) высокая антропогенная нагрузка вызывает экологический регресс сообщества. Причем, в р. Ньюдуай в 80-х годах прошлого века экологический и даже метаболический регресс сообщества периодически прерывался вспышками развития фитопланктона, характерными для антропогенного эвтрофирования, что свидетельствует о крайне нестабильном состоянии экосистемы этого водного объекта [18].

Для оценки экологического состояния водотоков Кольского Севера, особенно, для слабо и весьма загрязненных, более информативными показателями оказались параметры развития бактериопланктона и макрозообентоса. Характер изменчивости наиболее часто встречаемых значений общей численности этих сообществ и относительной численности олигохет в их составе, сравнение этих параметров с классификатором уровня экологического регресса [21] показали довольно отчетливую тенденцию повышения уровня экологического регресса по мере усиления антропогенного воздействия (табл. 2).

Динамика роста уровня экологического регресса и глубина трансформации структурной организации планктонных и бентосных сообществ определяется, прежде всего, степенью за-

Таблица 1. Пространственная изменчивость эффекта антропогенного воздействия на водные объекты Кольского Севера

Река – пункт режимных наблюдений	Степень загрязненности водной среды по РД 52.24. 643-2002	Мода вариационного ряда общей численности фитопланктона, тыс. кл/мл	Относительная плотность вариационного ряда, P_0 , %	Эффект антропогенного воздействия по РД 52.24.661-2004
Патсо-йоки – Борисоглебская ГЭС	переходная от слабо к весьма загрязненной	1,20	43	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса
Териберка – 60-й км Серебрянской а/д	переходная от слабо к весьма загрязненной	1,1	45	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса
Нива – г. Кандалакша	переходная от слабо к весьма загрязненной	1,1	54	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса
Печенга – п. Корзуново	переходная от весьма к очень загрязненной	1,2	41	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса
Печенга – ст. Печенга	переходная от весьма к очень загрязненной	1,1	41	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса
Кола – устье, г. Кола	переходная от весьма к очень загрязненной	1,1	45	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса
Вирма – с. Ловозеро	переходная от весьма к очень загрязненной	2,7	17	Антропогенное эвтрофирование
Ковдора – ниже устья р. Можель	переходная от весьма к очень загрязненной	4,9	8	Антропогенное эвтрофирование
Можель – устье	переходная от весьма к очень загрязненной	1,5	32	Антропогенное эвтрофирование
Колос-йоки – устье	переходная от очень грязной к грязной	0,32	147	Экологический регресс
Луотти-йоки – устье	переходная от очень загрязненной к грязной	2,3	14	Антропогенное эвтрофирование
Роста – устье	переходная от очень к чрезвычайно грязной	0,11	260	Экологический регресс
Нюдуай – г. Мончегорск, устье	переходная от очень к чрезвычайно грязной	0,10	321	Экологический регресс

Таблица 2. Пространственная изменчивость уровня экологического регресса на водных объектах Кольского Севера

Река – пункт режимных наблюдений	Наиболее часто встречаемые значения общей численности бактерио планктона, млн. кл/мл	Уровень экологического регресса	Сообщество макрозообентоса		
			Наиболее часто встречаемые значения		Уровень экологического регресса [РД 52.24.633-2002]
			общей численности макрозообентоса, тыс. экз/м ²	относительной численности олигохет, %	
Слабо и весьма загрязненные*					
Патсо-йоки – Борисоглебская ГЭС	1,00–1,88	Элементы экологического регресса	1,12–2,63	9–28	Антропогенное напряжение
Кола – исток, г. Оленегорск	0,80–1,65	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса	1,30–9,60	3–29	Антропогенное напряжение
Кица – устье, ст. Лопарская	0,50–1,50	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса	0,15–2,10	0–26	Антропогенное напряжение
Териберка – 60-й км Серебрянской а/д	0,80–1,20	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса	0,53–2,70	7–25	Антропогенное напряжение
Нива – г. Кандалакша	1,00–2,20	Элементы экологического регресса	1,00–4,40	5–22	Антропогенное напряжение
Вите – устье	1,00–1,83	Элементы экологического регресса	0,80–2,10	6–26	Антропогенное напряжение
Весьма и очень загрязненные					
Печенга – ст. Печенга	0,50–3,70	Элементы экологического регресса	1,10–9,96	40–85	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса
Ковдора – ниже впадения р. Можель	1,19–2,98	Элементы экологического регресса	1,60–16,3	3–35	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса
Можель – г. Ковдор	1,00–2,96	Элементы экологического регресса	0,55–5,90	35–99	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса

Река – пункт режимных наблюдений	Наиболее часто встречаемые значения общей численности бактериопланктона, млн. кл/мл	Уровень экологического регресса	Сообщество макрозообентоса		
			Наиболее часто встречаемые значения		Уровень экологического регресса [РД 52.24.633-2002]
			общей численности макрозообентоса, тыс. экз/м ²	относительной численности олигохет, %	
Очень загрязненные и грязные					
Колос-Йоки – устье	1,30–3,96	Элементы экологического регресса	1,00–19,4	60–100	Элементы экологического регресса
Очень и чрезвычайно грязные					
Роста – г. Мурманск, устье	5,00–16,9	Экологический регресс	229–839	97–100	Экологический регресс
Нюдуай – г. Мончегорск	3,10–6,83	Экологический регресс	0,06–1,00	0–19	Угнетение развития

Примечание: * – указана степень загрязненности водной среды.

грязности водной среды их обитания. Характер и уровень антропогенного воздействия в регионе Европейского Севера является в настоящее время определяющим фактором, обуславливающим заметные нарушения экологического состояния водных экосистем за счет усиления процесса экологического регресса, вызывающего глубокую, нередко необратимую перестройку структурной организации отдельных сообществ водных организмов и даже биоценоза в целом.

Заключение

С одной стороны, воздействие хозяйственной деятельности наносит вред окружающей природной среде, но, с другой стороны, вызванные изменения могут стимулировать и ее развитие. Как отмечал в своих работах академик Шварц, некоторые изменения состояния природной среды, вызванные антропогенным воздействием, могут привести к упрощению биоценозов, как бы их омоложению, что способствует развитию биосферы в целом [22]. Однако, несмотря на колоссальные экологические резервы природы (биосферы, гидросферы и других геосфер) и возможность эволюционного развития в новых условиях, некоторые антропогенные воздействия (химическое загрязнение край-

не токсичными веществами) приводят к необратимым нарушениям, с которыми природа не может справиться.

В сложившейся ситуации особенно актуальным является как изучение естественных изменений состояния природной среды, так и исследование и контроль изменений, вызванных различными видами хозяйственной деятельности человека [23].

Для качественной и количественной характеристики последствий внешнего воздействия на речные экосистемы многофакторного загрязнения, в первую очередь, необходимо определить достаточно надежный ряд признаков, характеризующих возможную изменчивость биоценозов при ухудшении качества водной среды.

В результате длительного загрязнения водной среды нарушается стабильность речных экосистем. Нарушение стабильности начинается, прежде всего, за счет таких долговременных модификаций компонентного состава водной среды, как: изменение компонентного состава и растворенного в воде кислорода; повышение содержания в воде азот- и фосфорсодержащих биогенных элементов до концентраций, в десятки и сотни раз превышающих предельно допустимые экологические нормы (ПДЭК); повышение содержания в воде загрязняющих органиче-

ских и неорганических веществ до концентраций, в десятки и сотни раз превышающих значения ПДК, способных при высоком уровне оказывать токсический эффект воздействия на жизнедеятельность сообществ водных организмов.

Подобная трансформация компонентного состава водной среды рек Кольского Севера способствует повышению потенциальной возможности возникновения чрезвычайных экологических ситуаций.

Первоочередным последствием такой антропогенной трансформации компонентного состава водной среды явились заметные качественные и количественные изменения структурной организации сообществ водных организмов.

На фоне заметной пространственной неоднородности в уровне развития планктонных и бентосных сообществ проявляются такие тенденции трансформации состояния гидробиоценоза, как: повышение общей численности бактериопланктона при увеличении степени загрязненности водной среды; периодическая вспышка вегетации фитопланктонных сообществ за счет усиления процесса антропогенного эвтрофирования (рр. Ковдора, Луоттн-йоки, Можель, Ена, Вирма); повышение частоты встречаемости аномально низких значений общей численности фитопланктона в рр. Колосйоки, Нама-йоки, Роста, Ньюдай как следствие токсичного эффекта антропогенного воздействия; формирование устойчивого к загрязнению комплекса фитопланктона; уменьшение видового разнообразия макрозообентоса за счет выхода на доминирующее положение группы олигохет.

Трансформация структурной организации гидробиоценоза является следствием усиления процессов антропогенного эвтрофирования (при высоком содержании в водной среде биогенных элементов и легкоокисляемых органических веществ) и экологического регресса отдельных сообществ водных организмов (при накоплении в водной среде токсичных загрязняющих веществ и нарушении кислородного режима).

Усиление этих процессов на фоне продолжающегося антропогенного воздействия приводит к заметным изменениям [24] характерного для водных объектов Кольского Севера видового состава гидробиоценозов. Могут исчезать, прежде всего, типичные для северных водоемов

эндемичные виды и диатомовые водоросли – представители чистых вод. В зообентосе и в составе зоопланктона может происходить замещение одних видов на другие, способные существовать в условиях повышенной мутности воды.

Выводы

Итак, анализ многолетней режимной гидрохимической и гидробиологической информации о пространственно-временной изменчивости состояния сообществ водных организмов показал ее неоднородность. Оценка среды обитания биоценоза проведена по степени загрязненности водной среды. Установлено, что водные объекты Кольского Севера функционируют в условиях различного антропогенного воздействия и имеют различную степень загрязненности водной среды.

Выявлены приоритетные гидрохимические показатели: фенолы, нефтепродукты, соединения меди, соединения железа. Их содержание в воде значительно выше установленных ПДК и они вносят основной вклад в повышение степени загрязненности водного объекта.

Анализ многолетней режимной гидробиологической информации дал возможность выявить неоднородность в структурно-функциональной организации сообществ водных организмов и определить наиболее информативные параметры отклика экосистемы на антропогенное воздействие. Таковыми являются количественные и качественные показатели развития бактериопланктона и макрозообентоса.

Проведен сравнительный анализ отклика отдельных сообществ гидробиоценоза на различное по уровню антропогенное воздействие. Наблюдается четкая зависимость между степенью загрязненности водной среды и состоянием бактериопланктона и макрозообентоса.

Анализ возможных экологических последствий антропогенного воздействия на экосистему проявляется в изменении внутрисистемных процессов в сторону экологического регресса или антропогенного эвтрофирования.

В сложившихся условиях внешнего антропогенного воздействия наблюдается изменчивость в развитии гидробиоценоза при ухудшении качества водной среды, за пределами которой система утрачивает свою устойчивость к воздействию.

Динамика роста уровня экологического регресса и глубина трансформации структурной организации планктонных и бентосных сообществ определяется, прежде всего, степенью загрязненности водной среды их обитания. Характер и уровень антропогенного воздействия в регионе Европейского Севера является в настоящее время определяющим фактором, обуславливающим заметные нарушения экологического состояния водных экосистем за счет усиления процесса экологического регресса, вызывающего глубокую, нередко необратимую перестройку структурной организации отдельных сообществ водных организмов и даже биоценоза в целом.

Список литературы

1. Евгенийев, М.И., Евгеньева, И.И. Контроль и оценка экологического риска химических производств. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2007. – 207 с.
2. Степанова, Н.Ю. Факторы и критерии оценки экологического риска для устойчивого функционирования Куйбышевского водохранилища: Автореф. ... д-ра биол.наук. – Ульяновск, 2008.
3. EPA/630/R-95/02F. Guidelines for Ecological Risk Assessment. Risk Assessment Forum / U.S. Environmental Protection Agency. – Washington, DC, 1998.
4. Chemical risk assessment. Office of Science and Technology. – Washington, 2001. – 229 p.
5. Кондратьева, Л.М. Факторы и критерии экологического риска в мониторинге водных объектов бассейна реки Амур // 2-й Дальневост. Междунар. эконом. Форум. – Хабаровск, 2007.
6. EPA/630/R-00/002. Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures / Risk Assessment Forum / U.S. Environmental Protection Agency. – Washington, DC, 20460, 2000. – 209 p.
7. Foudoulakis, M. Ecotoxicological risk assessment for plant protection in Europe // Ecotoxicology, Ecological Risk Assessment and Multiple Stressors. – Springer, Netherlands, 2006. – P. 137–154.
8. Baird, D.J., Rubach, M.N., Van den Brink, P.J. Trait-Based Ecological Risk Assessment (TERA): The new Frontier // Integr. Environ. Assess. and Manag. – 2008. – Vol. 4, No. 1. – P. 2–3.
9. Strause, K.D., Zwiernik, M.J., Newsted, J.L., Neigh, A.M., et al. Risk Assessment Methodologies for Exposure of Great Horned Owls (*Bubo virginianus*) to PCBs on the Kalamazoo River, Michigan // Integr. Environ. Assess. and Manag. – 2008. – Vol. 4, No. 1. – P. 24–40.
10. РД 52.24.661-2004. Рекомендации. Оценка риска антропогенного воздействия приоритетных загрязняющих веществ на поверхностные воды суши. – М.: Изд-во Метеоагентства Росгидромета, 2006. – 26 с.
11. Дмитриев, В.В., Фрумин, Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем: Учебное пособие. – СПб.: Наука, 2004. – 294 с.
12. Хрусталева, Ю.П. Эколого-географический словарь. – Батайск: РГУ, 2000. – 197 с.
13. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям. – СПб.: Гидрометеиздат, 2003. – 49 с.
14. Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов. Под. ред. Н.Н.Филатова, А.Ю. Тержевика. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2007. – 335 с.
15. Никаноров, А.М., Брызгалов, В.А. Пресноводные экосистемы в условиях антропогенного эвтрофирования // Гидрохимические материалы. Т. СХIV. – СПб.: Гидрометеиздат, 1999. – 266 с.
16. Никаноров, А.М., Брызгалов, В.А. Пресноводные экосистемы в импактных районах России. – Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2006. – 275 с.
17. Никаноров, А.М., Иванов, В.В., Брызгалов, В.А. Реки Российской Арктики в современных условиях антропогенного воздействия. – Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2007. – 280 с.
18. Ежегодники качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям на территории деятельности Мурманского УГМС за 1980–2007 гг. – Изд-во УГМС, 1981–2008.
19. РД 52.24.564-1996, РД 52.24.564-96 Охрана природы. Гидросфера. Биологические методы оценки загрязненности пресноводных экосистем. – М.: Изд-во Росгидромета, 1999. – 59 с.
20. РД 52.24.620-2000, РД 52.24.620-2000. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. Организация и функционирование специальной подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 40 с.
21. РД 52.24.633-2002. Методические указания. Методические основы создания и функционирования подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем. – СПб.: Гидрометеиздат, 2003. – 32 с.
22. Шварц, С.С. Теоретические основы глобального экологического прогнозирования // В кн.: Всесторонний анализ окружающей природной среды. Труды II Советско-американского симпозиума. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – С. 181–191.
23. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 375 с.
24. 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 // Метеорол. и гидрол.– 2009. – № 11.