ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

РД
52.24.661—
2004

РЕКОМЕНДАЦИИ

ОЦЕНКА РИСКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ СУШИ

Москва
МЕТЕОАГЕНТСТВО РОСГИДРОМЕТА
2006

gost.e-ecolog.ru

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ **РД 52.24.661-2004**

РЕКОМЕНДАЦИИ

ОЦЕНКА РИСКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ СУШИ

Москва
Метеоагентство Росгидромета
2006

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Государственным учреждением Гидрохимический институт (ГУ ГХИ) и Государственным учреждением Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт (ГУ ААНИИ) Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

2 РАЗРАБОТЧИКИ от ГУ ГХИ А.М.Никаноров, д.г.-м.н.; В.А.Брызгало, канд.хим.наук; Л.П.Соколова, канд.хим.наук; Л.С.Косменко, канд.хим.наук; от ГУ ААНИИ В.В.Иванов, канд.техн.наук.

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ первым заместителем Руководителя Росгидромета Ю.С.Цатуровым 28 октября 2004 г.

4 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Государственным учреждением Центральное конструкторское бюро гидрометеорологического приборостроения (ГУ ЦКБ ГМП) за номером Р 52.24.661-2004 от 23 ноября 2004 г.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Содержание

		стр.
1.	Область применения	1
2.	Нормативные ссылки	2
3.	Термины и определения	2
4.	Общие положения	6
4.1.	Основные подходы к разработке системы обнаружения и оценки риска антропогенного воздействия	6
5.	Система оценки риска антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы	9
Приложение А. Перечни ингредиентов и показателей качества воды для определения числа нормируемых приоритетных загрязняющих веществ		20
Библиография		21

Введение

Основанием для разработки руководящего документа явилась необходимость, наряду с осуществлением режимных гидролого-гидрохимических и гидробиологических наблюдений, проведения оперативно-производственными подразделениями Росгидромета качественной и количественной оценки риска антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы.

Изучение мирового опыта в области анализа риска показало формирование в основном трех основных направлений решения этой проблемы [1]. К ним можно отнести разработки трех типов оценок:

- степени риска возникновения чрезвычайных, аварийных ситуаций;
- экологичности технологий;
- воздействия на окружающую среду.

При разработке рекомендаций решена задача оценки риска антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы, связанная с приоритетными направлениями исследований Росгидромета в области охраны окружающей среды и разработан подход к оценке степени риска возникновения возможных негативных последствий.

Концепция оценки риска антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы основана на анализе факторов риска, в частности воздействия загрязняющих веществ, в комплексе с системообразующимися гидробиологическими параметрами состояния водных экосистем.

Длительная во времени и высокая по уровню антропогенная нагрузка на многие пресноводные экосистемы на фоне серьезных изменений природных условий их формирования и функционирования (сооружение плотин, гидроузлов, сброс подогретых вод и т.д.) усиливает вероятность появления критических ситуаций. Повторяемость возникновения таких ситуаций в настоящее время обусловлена уже не столько гидрологическими особенностями объекта и характером длительного антропогенного воздействия, сколько снижением стабильности экосистемы при переходе ее в новое трофическое состояние при усилении процессов эвтрофирования и экологического регресса [2-5].

В зависимости от уровня и характера антропогенной нагрузки водные экосистемы могут находиться в качественно различных экологических состояниях [6]:

- состояние экологического благополучия;

- состояние антропогенного экологического напряжения, которое обусловлено относительно небольшим антропогенным воздействием, стимулирующим увеличение видового разнообразия и интенсивность метаболизма биоценоза;

- состояние с элементами экологического регресса, которое представляет собой промежуточную ступень между антропогенным экологическим напряжением и экологическим регрессом и характеризуется тем, что в целом экологический регресс не выражен резко, но отдельные его проявления уже обнаруживают определенную тенденцию к регрессу;

- состояние антропогенного экологического регресса, которое характеризуется уменьшением видового разнообразия, уменьшением пространственно-временной

гетерогенности, увеличением энтропии, упрощением межвидовых отношений и трофической сети, обусловленными сильным антропогенным воздействием;

- состояние антропогенного метаболического регресса – детерминируется очень сильным антропогенным воздействием, в результате которого происходит снижение активности биоценоза по сумме всех процессов образования и разрушения органического вещества и наступает полная деградация биоценоза.

При относительно стабильном состоянии экологического благополучия и состояния антропогенного экологического напряжения при мало изменяющихся внешних условиях природные системы, помимо присущей им динамичности, содержат в себе компоненты с циклическими и случайными изменениями (сукцессия), среди которых определяющими являются два вида сукцессий:

- временные (сезонные), когда изменения происходят в течение годового цикла;

- пространственно-локальные изменения в пределах водного объекта.

При антропогенном нарушении состояния экосистемы проявляется особая категория сукцессии – многолетняя, при изучении которой следует учитывать следующее:

- индикация любых нарушений в структурно-функциональной организации осложняется наличием естественных флуктуаций как кратковременных, так и длительных; существованием разных типов пресноводных экосистем; их расположением в разных физико-географических и биогеографических зонах и т.д.;

- в развитии многолетней сукцессии какого-либо сообщества выделяются как общие для разных водных объектов черты, которые проявляются в определенной смене крупных таксонометрических групп (например, в усилении роли синезеленых

водорослей в фитопланктоне при значительном повышении биогенной нагрузки), так и частные – смена отдельных видов, специфичная для конкретного водного объекта;

- наряду с периодическими процессами и флуктуациями, вызываемыми периодически действующими факторами, в водных экосистемах могут протекать целенаправленные процессы, являющиеся следствием воздействия постоянно действующих факторов. Ярким примером таких процессов могут служить процессы антропогенного эвтрофирования и экологического регресса водных экосистем, от скорости которых зависит риск антропогенного воздействия.

К числу наиболее перспективных подходов к количественной оценке риска воздействия на водные экосистемы следует отнести следующее:

- исторический ретроспективный анализ многолетней режимной информации о пространственно-временной изменчивости состояния гидробиоценозов и водной среды их обитания;

- выявление и количественная оценка диапазонов колебаний приоритетных гидрохимических и гидробиологических показателей и выбор наиболее информативных параметров отклика экосистемы на изменение внешней среды;

- выявление пространственно-временной крупно- и мелкомасштабной неоднородности структурно-функциональной организации биоценозов и влияние последней на устойчивость водных экосистем;

- сравнительный анализ отклика отдельных сообществ водных организмов на внешнее действие и анализ возможных экологических последствий антропогенной нагрузки;

- выявление и количественная оценка характера стрессов, их состояний и возможность выхода экосистемы из этих состояний;

- анализ экосистем по критерию толерантности, в соответствии с которым устанавливается диапазон допустимых значений по приоритетным экологическим факторам изменчивости, за пределами которых система утрачивает свойства пролонгоустойчивости.

Сложность биологической организации водных экосистем выдвигает необходимость анализа комплекса биологических параметров, характеризующих изменчивость основных экологических группировок водных организмов планктона, бентоса и перифитона, в тесной взаимосвязи с изменчивостью качества водной среды их обитания. Это положение приобретает особую важность при рассмотрении избирательной «уязвимости» сообществ водных организмов при преобладании действия того или иного загрязняющего вещества. При этом состояние водной среды пресноводных экосистем рассматривается как функция отдельных показателей химического состава воды, продолжительности и меры воздействия каждого из них, а также перечня и количества учитываемых приоритетных загрязняющих веществ.

Для разработки системы оценки риска воздействия приоритетных загрязняющих веществ на пресноводные экосистемы проведены анализ, обобщение и систематическая обработка информации по изменчивости структурной организации сообществ водных организмов и состояния водной среды их обитания.

В работе использованы данные многолетних наблюдений, проводимых гидробиологической и гидрохимической подсистемами Государственной службы наблюдений за загрязнением природной среды Росгидромета (ГСН). Рекомендации

разработаны на основе результатов сбора и обобщения многолетней режимной гидрохимической и гидробиологической информации и оценки пространственной, внутригодовой и межгодовой изменчивости комплекса приоритетных гидрохимических и гидробиологических показателей состояния пресноводных экосистем России, на формирование и функционирование которых существенное влияние длительное время оказывают внутрисистемные процессы антропогенного эвтрофирования и экологического регресса.

РЕКОМЕНДАЦИИ

ОЦЕНКА РИСКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ СУШИ

Дата введения - 2006-03-01

1 Область применения

Настоящие рекомендации устанавливают систему параметров и критериев оценки риска антропогенного воздействия приоритетных загрязняющих веществ на поверхностные воды суши, необходимую для совершенствования режимного и оперативного мониторинга, типизации объектов водного фонда, составления водного кадастра, экологического прогнозирования качества вод.

Рекомендации предназначены для оперативно-производственных подразделений Росгидромета, осуществляющих наблюдения за изменчивостью химико-биологического состояния поверхностных вод суши в рамках государственной службы наблюдений за загрязнением природной среды, для подразделений соответствующих министерств, призванных своевременно предупреждать о возможной экологической угрозе на контролируемых водных объектах, а также для научно-исследовательских организаций, занимающихся вопросами оценки и

прогнозирования последствий антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы.

2 Нормативные ссылки

В настоящих методических указаниях использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.

ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения.

3 Термины и определения

В настоящих рекомендациях применяются следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **абиотическая компонента**: Абиотическая среда, представляющая совокупность неорганических условий (факторов) обитания организмов [7].

3.2 **биотическая компонента**: Биотическая среда, представляющая совокупность живых организмов, оказывающих своей жизнедеятельностью влияние на другие организмы [7].

3.3 **вариационный ряд**: Совокупность значений варьирующего признака [8].

Величина интервала (интервальная разность) – разность между верхними и нижними границами интервала [8].

3.4 **водный объект**: Сосредоточение природных вод на поверхности суши либо в горных породах, имеющее характерные формы распространения и черты режима (по ГОСТ 19179).

3.5 ***воздействие антропогенное***: *Влияние человечества на что-либо, не* обязательно прямое; сумма прямых и опосредованных (косвенных) влияний человечества на что-то [9,10].

3.6 **загрязненность водных экосистем**: Эффект совокупного воздействия загрязняющих веществ на водные организмы, выраженный набором показателей, характеризующих уровень и направление (прогресс, регресс) развития отдельных сообществ [11].

3.7 **зоопланктон**: Совокупность животных, обитающих в морских и пресных водоемах, не способных противостоять переносу течениями [11].

3.8 **макрозообентос**: Совокупность беспозвоночных, населяющих дно водных объектов (или бенталь), водную растительность (или фиталь), а также другие субстраты [12].

3.9 **мода M_o**: Наиболее часто встречающийся вариант в данном вариационном ряду [8].

3.10 **модальный интервал**: Интервал, включающий наиболее часто встречающиеся величины в данном вариационном ряду [8].

3.11 **оценка качества поверхностных вод**: Установление в той или иной форме, через ту или иную систему показателей соответствия качества поверхностных вод требованиям водопользования [13].

3.12 **оценка степени загрязненности поверхностных вод**: Установление в той или иной форме, через ту или иную систему показателей, характеризующих состав и свойства поверхностных вод, отличия от их нормативных значений, свидетельствующих о пригодности воды для водопользования [13].

3.13 **оценка риска**: Научный анализ возникновения риска (возможности опасной ситуации) с целью выявления опасности, определения степени опасности в конкретных условиях. Характеризует вероятность наступления негативного события (аварии, выброса, эпидемии и т.п.) [11].

3.14 **перифитон**: Животные и растения, обитающие в толще воды на живых и мертвых субстратах, приподнятых над дном, вне зависимости от их происхождения и степени подвижности [12].

3.15 **планктон, биосестон**: Совокупность пассивно плавающих в водной толще организмов, не способных к самостоятельному передвижению на значительные расстояния. К нему относят микроскопические водоросли, простейшие, некоторые ракообразные, моллюски и др. Различают фито-, бактерио- и зоопланктон. В озерах – озерный (лимнопланктон), а в реках – речной (потамопланктон) [11].

3.16 **плотность вариационного ряда или плотность распределения** Π_0: Отношение частости w к величине интервала K [8].

3.17 **поверхностные воды**: Воды, находящиеся на поверхности суши в виде различных водных объектов (по ГОСТ 19179).

3.18 **риск экологический**: Вероятность неблагоприятных для экологических ресурсов последствий любых (преднамеренных или случайных, постепенных или

катастрофических) антропогенных изменений существующих природных объектов и факторов [11].

3.19 **состояние водного объекта**: Характеристика водного объекта по совокупности его количественных и качественных показателей применительно к видам водопользования.

Примечание. - К количественным и качественным показателям относятся: расход воды, скорость течения, глубина водного объекта, температура воды, pH, $БПК_5$ и другие гидрохимические и гидробиологические показатели* (по ГОСТ 17.1.1.01).

3.20 **трофический уровень**: Совокупность организмов, занимающих определенное положение в цепи питания. Автотрофные организмы занимают первый трофический уровень, растительноядные животные – второй, хищники, питающиеся растительноядными животными – третий, вторичные хищники – четвертый [11].

3.21 **трофность водоема**: Количество биомассы и продукции автотрофных организмов водоема; наличие биогенных веществ и других экологических параметров, необходимых автотрофным растениям для существования [11].

3.22 **фитопланктон**: Совокупность растений, главным образом микроскопических водорослей, обитающих в водной толще и пассивно передвигающихся под влиянием гидродинамических факторов. Фитопланктон – основной первичный продуцент органического вещества в водоемах, за счет которого существуют водные гетеротрофные организмы [11].

3.23 **эвтрофирование**: Обогащение поверхностных вод биогенными веществами, особенно компонентами азота и фосфора, которые способствуют ускоренному росту

* Гидробиологические показатели добавлены в определение авторами рекомендаций

одноклеточных водорослей и более высших форм растительной жизни [11].

3.24 **экологический критерий**: Признак, на основании которого производится оценка или классификация экологических систем, процессов и явлений [11].

4 Общие положения

В общем виде под анализом риска антропогенного воздействия подразумевается процесс выявления и оценки возможных негативных последствий в результате возникновения нарушений в каких-либо системах и представление этих последствий в количественных показателях [14].

4.1 Основные подходы к разработке системы обнаружения и оценки риска антропогенного воздействия

4.1.1 Оценка риска – научный анализ возникновения риска с целью выявления опасности, определения степени опасности в конкретных условиях. Оценку риска в целом характеризуют как вероятность наступления неблагоприятных событий и вероятность негативных последствий событий [11].

4.1.2 Различные пресноводные экосистемы по-разному реагируют на антропогенное воздействие и обладают различной способностью к самовосстановлению. Это учитывается через прямую или косвенную оценку устойчивости экосистем, от которой зависит вероятность проявления неблагоприятных последствий антропогенного воздействия.

Следовательно, классификация по вероятности проявления неблагоприятных последствий антропогенного воздействия – *первый этап*, включенный в систему оценки риска воздействия.

4.1.3 Экологическая оценка риска определяется характером последствий воздействия, оцениваемых по неблагоприятным антропогенным изменениям состояния экосистемы.

Оценка последствий базируется на экосистемном принципе, т.е. на таком, где оценка качества воды основывается на комплексном анализе как биотических, так и абиотических компонентов. Поэтому выделение приоритетных параметров изменчивости абиотической и биотической компоненты состояния водных экосистем – *второй этап*, включенный в систему оценки риска воздействия.

4.1.4 Третий этап, включенный в систему оценки риска воздействия – разработка критериев изменчивости выбранных параметров. Для разработки последних необходимо получить объективную характеристику изменчивости фонового состояния водных экосистем, являющегося результатом всех происходящих в водных объектах процессов – как внутриводоемных, определяемых особенностями экосистем, так и последствий внешнего антропогенного воздействия.

Для оценки последнего целесообразно использовать модальный интервал многолетних вариационных рядов изменчивости количественных величин выбранных параметров для водных экосистем, находящихся в принципиально разном экологическом состоянии, и для которых в современных условиях сформировался новый «антропогенно-измененный» природный фон по приоритетным гидрохимическим показателям состояния абиотической компоненты.

4.1.5 Первопричиной возникновения негативных последствий антропогенного воздействия является резкое или хроническое ухудшение качества водной среды за счет дополнительного поступления при усилении внешнего воздействия широкого

комплекса органических и неорганических соединений, полный анализ которых практически невозможен по целому ряду экологических и аналитических причин. Предложено включить в систему интегральные системообразующие показатели состояния и степени загрязненности водной среды.

4.1.6 Учитывая интенсивность антропогенного воздействия и характер изменчивости абиотических и биотических параметров пресноводных экосистем, современное состояние водоемов и водотоков можно условно разделить на [11]:

- естественное – ненарушенное антропогенным воздействием;

- равновесное – скорость внутриводоемных процессов восстановления экосистемы превышает темпы антропогенных нарушений;

- кризисное – скорость внутриводоемных процессов восстановления экосистемы ниже темпов антропогенных нарушений;

- критическое – обратимый переход экологических систем в измененные по трофности, сапробности и биологической продуктивности пресноводные экосистемы;

- катастрофическое – необратимый переход пресноводных экосистем в состояние метаболического регресса.

Вероятность проявления неблагоприятных последствий определяется сформировавшейся устойчивостью водной экосистемы.

4.1.7 Экологическую оценку риска антропогенного воздействия необходимо рассматривать как возможность на основе анализа совокупности абиотических и биотических параметров и критериев их изменчивости, характеризующих степень загрязненности водной среды и характер и уровень нарушения структурно-

функциональной организации планктонных и бентосных сообществ водных организмов, определить вероятные изменения состояния водной экосистемы под воздействием антропогенного и иных воздействий.

4.1.8 Основой для выбора комплекса гидрохимических и гидробиологических показателей и критериев их изменчивости явился сравнительный метод, основанный на сопоставлении результатов анализа и обобщения информации по долгопериодным (более 10 лет) режимным наблюдениям ГСН, полученной на водных объектах России или их участках с разным уровнем антропогенного воздействия. Количественная оценка разработана с учетом основных положений, изложенных в документах по комплексной оценке степени загрязненности поверхностных вод [13] и биологическим методам оценки уровня антропогенного эвтрофирования и экологического регресса [15,16].

5 Система оценки риска антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы

5.1 Система оценки риска антропогенного воздействия включает в себя оценку вероятности проявления неблагоприятных последствий антропогенного воздействия с использованием абиотических и биотических параметров, отражающих неблагоприятные антропогенные изменения.

Вероятность проявления неблагоприятных последствий антропогенного воздействия есть функция текущего состояния исследуемой экосистемы и антропогенной нагрузки.

Поскольку при определенной антропогенной нагрузке неблагоприятные последствия воздействия могут возникать без перехода экосистемы в другое инвариантное состояние, то оценить риск воздействия возможно только имея точную априорную информацию об антропогенном воздействии.

Чем выше вероятность перехода экосистемы из одного состояния в другое, тем проявления неблагоприятных антропогенных изменений более вероятны. Вероятность возникновения возможных негативных последствий в зависимости от силы антропогенного воздействия, его продолжительности и текущего состояния экосистемы приведена в таблице 1.

Таблица 1

Состояние экосистемы	Вероятность перехода экосистемы, % при антропогенных нагрузках				
	слабой	средней	сильной	очень сильной	чрезмерной
Естественное	0	<50	50	>50	100
Равновесное	<50	50	>50	>50	100
Кризисное	50	>50	>50	>50	100
Критическое	>50	>50	>50	>50	100
Катастрофическое	0	0	0	0	0

В таблице отражен подход авторов к оценке степени риска, как количественной оценке возможности определения вероятности изменения состояния водной экосистемы до того или иного уровня ее нарушенности, в данном случае через качественные характеристики антропогенной нагрузки.

5.2 Экологическая оценка риска определяется характером последствий антропогенного воздействия и включает оценку неблагоприятных изменений экосистемы на основе комплексного анализа как биотических, так и абиотических компонентов. При анализе в качестве основных статистических характеристик используют модальные интервалы многолетних вариационных рядов значений гидрохимических и гидробиологических параметров.

5.3 В число абиотических факторов неблагоприятных антропогенных изменений состояния водной среды пресноводных экосистем включают такие системообразующие интегральные гидрохимические показатели качества воды, как растворенный кислород, легкоокисляемые органические вещества и азот аммонийный, а также расчетные показатели, характеризующие долю и степень антропогенного воздействия.

Долю антропогенного воздействия рассчитывают по формуле (1):

$$Д = N'/N \times 100, \quad (1)$$

где N' – число ингредиентов, превышающих ПДК;

N – общее число нормируемых приоритетных загрязняющих веществ (Приложение А).

Степень антропогенного воздействия рассчитывают по формуле (2):

$$C=N_2/N_1 \times 100, \quad (2)$$

где N_2 – число ингредиентов, превышающих 10 ПДК;

N_1 – общее число ингредиентов, превышающих ПДК.

Критерии изменчивости параметров абиотической компоненты, по которым проводят классификацию состояния водных экосистем, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Состояние экосистемы	Диапазоны модальных интервалов многолетних вариационных рядов абиотических параметров состояния водных экосистем				
	Минимальных значений растворенного кислорода, мг/л	Легкоокисляемых органических веществ по $БПК_5$, мг/л O_2	Азота аммонийного, мг/л	Доли антропогенного воздействия, %	Степени антропогенного воздействия, %
Естественное	Свыше 6,0	От 0,10 до 1,0	От н.о.* до 0,10	От 10 до 30	0
Равновесное	До 4,0-6,0	От 0,50 до 2,0	От н.о. до 0,50	Свыше 30 до 50	От 0 до 10
Кризисное	До 2,0-3,9	От 2,10 до 4,0	Свыше 0,5 до 1,00	От 40 до 60	Свыше 10 до 20
Критическое	До 1,0-1,9	От 4,1 до 7,0	Свыше 1,0-3,00	От 50 до 80	От 30 до 50
Катастрофическое	Меньше 1,0	Свыше 7,0	Свыше 3,00	Свыше 80	Свыше 50

* Н.о. - ниже предела обнаружения

5.4 Перед началом расчетов определяют перечень нормируемых загрязняющих веществ, которые включены в состав режимных или специальных наблюдений на водном объекте (Приложение А).

В ГСН в обязательный перечень включены 15 нормируемых загрязняющих веществ, наиболее характерных для большинства водных объектов России (приложение А, перечень 1). Для тех водных объектов, пунктов, створов, где есть необходимость в наблюдениях за специфическими загрязняющими веществами (приложение А, перечень 2), их учитывают при расчетах.

5.5 В число биотических критериев неблагоприятных антропогенных изменений включают количественные показатели развития тех сообществ водных организмов, которые наиболее объективно отражают последствия усиления процессов антропогенного эвтрофирования и экологического регресса, скорость и направленность которых определяется характером и уровнем антропогенного воздействия. Для выявления направленности внутрисистемных процессов определяют эффект антропогенного воздействия на биотическую компоненту экосистемы.

5.6 Оценка эффекта антропогенного воздействия базируется на изучении пространственно-временного распределения общей численности фитопланктона путем статистической обработки многолетней режимной информации [15].

Характер вариаций значений общей численности фитопланктона определяют по относительной плотности вариационного ряда $П_o$ и моде M_o модального интервала [15].

Расчет производят по формулам:

$$П_o = \frac{w}{k}, \qquad (3)$$

где w – частость, т.е. доля того или иного интервала в сумме всех частот, %;

$к$ – величина интервала.

$$M_o = x_{M_{min}} + k\frac{w_{M_o} - w_{M_o-1}}{(w_{M_o} - w_{M_o-1}) + (w_{M_o} - w_{M_o+1})}, \quad (4)$$

где $x_{M_{min}}$ - нижняя граница модального интервала;

w_{M_o} - доля частоты модального интервала;

w_{M_o-1} - доля частоты интервала, предшествующего модальному;

w_{M_o+1} - доля частоты интервала, следующего за модальным.

По значениям рассчитанных показателей определяют эффект антропогенного воздействия по таблице 3.

Выявив направленность развития внутрисистемных процессов (антропогенное эвтрофирование или регресс экосистем), определяют уровень преобладающего процесса.

Таблица 3

Эффект антропогенного воздействия	Статистические характеристики вариации общей численности фитопланктона	
	Мода $M_{оч}$, тыс.кл./мл	Относительная плотность $П_o$, %
Экологический регресс	до 0,5	От 100 до 300
Элементы экологического регресса	от 0,5 до 1,5	От 50 до 100
Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса	от 0,5 до 2,0	От 20 до 60
Антропогенное напряжение с элементами эвтрофирования	Свыше 2,0 до 10,0	От 50 до 100
Антропогенное эвтрофирование	Свыше 10,0	До 30

5.7 Оценку уровня антропогенного эвтрофирования определяют по следующим статистическим характеристикам:

- моде $M_{оч}$ внутри модального интервала вариационного ряда общей численности фитопланктона;

- частоте обнаружения высоких значений общей численности фитопланктона α по формуле:

$$\alpha = \frac{n_j'}{n_j} \cdot 100, \qquad (5)$$

где n_j' - число результатов анализа, в которых значения определяемого показателя выше наиболее часто встречаемого диапазона колебаний;

n_j - общее число значений;

- кратности превышения общей численности над средней по наиболее часто встречаемым значениям β по формуле:

$$\beta = \frac{\text{Высокое значение}}{M_{оч}}, \qquad (6)$$

моде $M_{ов}$ - модального интервала общего числа видов фитопланктона;

моде $M_{оо}$ - модального интервала относительной численности доминирующего вида;

моде $M_{осз}$ - модального интервала относительной численности синезеленых водорослей в пробах фитопланктона, отобранных весной.

По совокупности статистических характеристик, приведенных в таблице 4, оценивают уровень антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем.

5.8 Оценку уровня эвтрофирования целесообразно проводить для всех контролируемых участков, рассматривая их как микроэкосистемы. Характеристика водного объекта в целом возможна лишь при достаточно полном охвате его акватории при условии идентичности отдельных его участков по загрязненности.

Таблица 4 Классификация уровней антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем

Статистические характеристики развития фитопланктонного сообщества	Значения характеристик при уровнях эвтрофирования		
	низком	среднем	высоком
Мода модального интервала общей численности $M_{оч}$, тыс.кл./мл	От 2,0 до 10	От 2,0 до 20	От 1,0 до 10
Частота обнаружения высоких значений общей численности α_1, %	От 10 до 40	От 10 до 40	От 20 до 50
Кратность превышения аномально высоких значений общей численности β	От 5 до 50	Свыше 50 до 200	От 10 до 300
Мода модального интервала общего числа видов $M_{ов}$	От 20 до 30	От 10 до 20	От 10 до 25
Мода модального интервала относительной численности доминирующего вида $M_{од}$, %	От 30 до 50	От 50 до 100	От 20 до 70
Мода модального интервала относительной численности группы синезеленых весной $M_{ос-з}$	До 5	От 30 до 50	От 40 до 60

Информативность и достоверность оценки уровня эвтрофирования определяются объемом используемой информации. Оптимальной является исходная информация, полученная с учетом сезонного хода развития фитопланктона и межгодовой изменчивости.

5.8 Оценку уровня экологического регресса проводят по результатам анализа количественных показателей развития планктонных и бентосных сообществ [16]. При этом рассчитывают следующие статистические характеристики:

- модальный интервал многолетних вариационных рядов общей численности бактериопланктона;

- модальный интервал многолетних вариационных рядов общей численности макрозообентоса и относительной численности группы олигохет;

- модальный интервал вариационных рядов числа видов фитоперифитона;

- модальный интервал вариационных рядов относительной численности группы коловраток в зоопланктонном сообществе;

- модальный интервал вариационных рядов общей численности фитопланктона.

По совокупности статистических характеристик, приведенных в таблице 5, оцениваеют уровень регресса пресноводных экосистем.

5.9 На основе результатов оценки уровня преобладающего внутрисистемного процесса определяют состояние водной экосистемы по таблице 6.

Таблица 5 Классификация водных экосистем по уровню регресса

Класс водных экосистем	Уровень регресса	Модальный интервал вариационных рядов					
		общей численности бактериопланктона, млн.кл./мл	общей численности макрозообентоса, тыс.экз./м^2	относительной численности группы олигохет, %	числа видов фитоперифитона	относительной численности коловраток в зоопланктонном сообществе, %*	общей численности фитопланктона, тыс.кл./мл*
I	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса	От 0,3 до 1,0	От 1 до 8,5	От 30 до 98	От 15 до 45	До 30	Нет ограничений
II	Элементы экологического регресса	От 1,1 до 5,0	От 0,10 до 30,0	От 50 до 100	От 10 до 20	От 25 до 90	От 0,10 до 5,0
III	Экологический регресс	От 5,1 до 15,0	От 0,01 до 10,0	От 70 до 100	От 5 до 20	От 70 до 100	От 0,01 до 0,70
IV	Метаболический регресс	Свыше 15,0	Гибель зообентоса, в пробах присутствуют хитиновые остатки насекомых, ракообразных и раковины моллюсков	Слабое развитие личинок олигохет и хирономид**	Отдельные виды или полная гибель водорослей. Обрастания состоят в основном из бактерий и бесцветных жгутиковых**	Частичная или полная гибель	Частичная или полная гибель

Примечание

* На фоне периодического усиления процессов антропогенного эвтрофирования при экологическом регрессе

** Признаки метаболического регресса приведены согласно [12]

Таблица 6 Оценка состояния водных экосистем по уровню внутрисистемных процессов

Состояние экосистемы	Уровень регресса	Уровень антропогенного эвтрофирования
Естественное	Регресс отсутствует	Процесс отсутствует
Равновесное	Антропогенное напряжение с элементами экологического регресса	Низкий
Кризисное	Элементы экологического регресса	Средний
Критическое	Экологический регресс	Высокий
Катастрофическое	Метаболический регресс	Процесс отсутствует

Приложение А

(обязательное)

Перечни ингредиентов и показателей качества воды для определения числа нормируемых приоритетных загрязняющих веществ [13]

А.1 Обязательный перечень № 1

1. Растворенный в воде кислород
2. $БПК_5(O_2)$
3. ХПК
4. Фенолы
5. Нефтепродукты
6. Нитрит-ионы NO_2^-
7. Нитрат-ионы NO_3^-
8. Аммоний ион NH_4^+
9. Железо общее
10. Медь Cu^{2+}
11. Цинк Zn^{2+}
12. Никель Ni^{2+}
13. Марганец Mn^{2+}
14. Хлориды
15. Сульфаты

А.2. Рекомендуемый перечень № 2

Включает полностью обязательный перечень № 1 и те специфические загрязняющие вещества, которые характерны для определенных водных объектов на территории некоторых УГМС и имеют локальное распространение.

К специфическим загрязняющим веществам могут относиться ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, бор, фтор, алюминий, формальдегид, анилин, метилмеркаптан, сульфиды и сероводород, хлор- и фосфорорганические пестициды и др.

Библиография

1 Порфирьев Б.Н. Экологическая экспертиза и риск технологий. Итоги науки и техники. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. ВИНИТИ: Москва, 1990.- Т.27.- 203 с.

2 Методы биоиндикации и биотестирования природных вод /Под ред. В.А.Брызгало, Т.А.Хоружей.- Л.: Гидрометеоиздат, 1989.- Вып.2.- 276 с.

3 Ладожское озеро. Критерии состояния экосистемы. Под ред. Петровой Н.А., Тержевик А.Ю.- Санкт-Петербург: Наука, 1992.- 325 с.

4 Моисеенко Т.И., Родюшкин И.В., Даувальтер В.А., Кудрявцева Л.П. Формирование качества вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водоемы арктического бассейна (на примере Кольского Севера). Апатиты: Изд-во КНЦ, 1996.- 263 с.

5 Никаноров А.М., Брызгало В.А. Пресноводные экосистемы в условиях антропогенного эвтрофирования. Гидрохимические материалы.- СПб.: Гидрометеоиздат, 1999.- Т.CXIV.- 266 с.

6 Абакумов В.А. Основные направления изменения водных биоценозов в условиях загрязнения окружающей среды// Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистемы.- Л.: Гидрометеоиздат, 1979.- Т.2.- С.34-47.

7 Биологический энциклопедический словарь/ Под ред. М.С.Гилярова.- М.: Советская энциклопедия, 1986.- С.7, 70.

8 Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе.- М.: Статистика, 1979.- 440 с.

9 Реймерс Н.Ф. Азбука природы. Микроэнциклопедия. Биосфера. Изд-во «Знание», 1980.- 208 с.

10 Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В. Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. Москва: Наука, 1982.- 144 с.

11 Хрусталев Ю.П. Эколого-географический словарь. РГУ: Батайск, 2000.- 197 с.

12 Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем/ Под ред. д.б.н. Абакумова В.А.- С.-Пб: Гидрометеоиздат, 1992.- 318 с.

13 РД 52.24.643-2002 Методические указания. Охрана природы. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям.

14 Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Бражникова Л.В., Жулидов А.В. Мониторинг качества вод: оценка токсичности. СПб.: Гидрометеоиздат, 2000.- 159 с.

15 РД 52.24.620-2000 Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. Организация и функционирование специальной подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем.

16 РД 52.24.633-2002. Методические указания. Методические основы создания и функционирования подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем.

Рекомендации

Оценка риска антропогенного воздействия
приоритетных загрязняющих веществ на поверхностные
воды суши

Подписано в печать 01.12.06. Формат 60x90 1/16.
Бумага Баллет классика. Печать лазерная. Печ.л. 1,5. Тираж 200 экз.
Заказ №0604/МА2-13

Метеоагентство Росгидромета
123242, Москва, Нововаганьковский переулок, дом 7/12

gost.e-ecolog.ru