

# КОМПЛЕКСНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СУШИ

Оксиюк О.П., Жукинский В.Н. и др.

**Источник:** Оксиюк О.П., Жукинский В.Н. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал, 1993. – Т. 29, вып. 4. – С. 62-76.

В Институте АН Украины разработана комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши, которая позволяет оценить состав и свойства воды как среды обитания гидробионтов и изменения состояния водных объектов под воздействием антропогенного пресса.

Качество воды характеризуется по трем группам показателей: а) общая минерализация и ионный состав; б) трофность и сапробность (эколого-санитарные показатели); в) содержание специфических вредных загрязняющих веществ (токсиканты и радионуклиды).

Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши (ПВС) включает частные классификации (таблица):

А) по солевому составу, в том числе:

- 1) по степени минерализации;
- 2) по ионному составу;

Б) по эколого-санитарным (трофа-сапробиологическим) показателям;

В) по эколого-токсикологическим показателям, в том числе:

- 1) по содержанию токсических веществ;
- 2) по уровню токсичности;

Г) по радиоэкологическим показателям (по содержанию радионуклидов).

А) Оценка качества ПВС по общим показателям производится на основе классификаций: а) по степени минерализации, ионному составу и б) эколого-санитарной (трофо-сапробиологической). По характеристикам степени минерализации и ионного состава можно определить галинность экосистем; эколого-санитарная классификация дает представление о положении водного объекта в системе биолимнологической (трофической) классификации вод и позволяет оценивать его санитарно-биологическое состояние (сапробность).

1.1. Классификация ПВС по степени минерализации соответствует экологическим принципам построения так называемой «венецианской системы», по ионному составу — дана по системе О. А. Алекина.

1.2. Эколого-санитарная классификация включает трофо-сапробиологические показатели, отражающие абиотические и биотические

параметры водных экосистем: гидрохимические, гидробиологические, бактериологические, а также некоторые гидрофизические, играющие важную роль в функционировании биоты.

Из гидрофизических показателей в классификацию входят концентрация взвешенных веществ, прозрачность, цветность; из гидрохимических - концентрация растворенного кислорода, pH, содержание минерального (аммонийного, нитратного и нитритного) и общего азота, общего и минерального фосфора, перманганатная и бихроматная окисляемость, БПК.

Гидробиологические показатели (биомасса фитопланктона, хлорофилла, валовая первичная продукция, отношение валовой продукции к деструкции) характеризуют биологическую продуктивность водных экосистем, их отклик на процессы эвтрофирования, баланс процессов самозагрязнения и самоочищения.

Бактериологические показатели качества воды и индекс сапробности оценивают степень загрязнения водного объекта в результате поступления сточных вод, а также внутриводоемного продуцирования органического вещества.

Диапазон величин каждого из показателей в эколого-санитарной классификации качества вод подразделен на пять классов, которые соответствуют зонам сапробности и категориям трофности. Для усиления чувствительности классификации при оценке изменений качества воды в результате природных процессов и антропогенных воздействий 2 — 5-й классы подразделены на два разряда каждый.

Б) Специфические показатели отражают такие относительно «новые» с точки зрения эволюционной истории гидросферы свойства воды, как токсичность и радиоактивность, хотя в какой-то мере они всегда были присущи природным водам. Существуют токсичные виды гидробионтов, которые выделяют в воду различные метаболиты и продукты распада; в результате сложных биохимических процессов в донных отложениях в местах скопления гниющей и разлагающейся биомассы образуются такие ядовитые вещества, как сероводород, аммиак, фенолы, путресцины, полипептиды и другие; радиоактивность постоянно присутствует в виде естественного фона и различных геологических источников радиоактивного излучения. Токсиканты в настоящее время обнаруживаются в водной среде практически повсеместно, в связи с чем эколого-токсикологический аспект оценки качества воды представляется особенно существенным.

Радиоактивность природных вод в последние десятилетия возросла за счет глобальных выбросов радионуклидов, связанных с испытаниями

ядерного оружия и ядерными катастрофами (типа чернобыльской и кыштымской).

2.1. Токсичность природных вод обусловлена поступлением в водные объекты промышленных, бытовых, дренажных, почвенных и иных загрязненных вод (токсикогенного стока), содержащих потенциально опасные (токсические) химические вещества (ПОТХВ) техногенного происхождения. Среди них есть вещества, содержащиеся в природных водах в невысокой концентрации и необходимые для жизни гидробионтов (металлы, микроэлементы), и вещества, абсолютно чуждые живой природе — органического и неорганического синтеза, фармпрепараты, инсектициды, гербициды, протравители, синтетические ПАВ, углеводороды, полихлорированные бифенилы, цианиды и множество других ксенобиотиков.

Присутствие ПОТХВ представляет потенциальную угрозу существованию гидробионтов (и живых организмов любого уровня организации, включая человека). Фактическая токсичность воды для гидробионтов оценивается с помощью методов биотестирования, которое отражает совокупное (интегральное) действие всех содержащихся в водных массах веществ на гидробионтов.

Как приоритетные токсиканты по преимущественной встречаемости и экологической опасности рассматриваются пять классов веществ: 1) тяжелые металлы, 2) нефть и нефтепродукты, 3) фенолы, 4) пести, 5) поверхностно-активные вещества.

В) Классификация ПВС по эколого-токсикологическим показателям состоит из двух частных классификаций: 1) по содержанию токсических веществ, 2) по уровню токсичности (на основании результатов биотестирования).

3.1.1. Классификации ПВС по содержанию токсических веществ в воде позволяет оценить уровень (класс) токсического загрязнения (УТ) водных масс и дает представление о потенциальной токсичности. Она построена на экологическом принципе, а именно: на основе градаций величин содержания токсикантов по отношению к фоновым значениям, обычно наблюдающимся в природных водах. Фоновые значения тяжелых металлов чаще всего учитывают суммарное содержание их растворенных форм.

В некоторых водных объектах (например, в горных регионах) природный фон величин специфических показателей качества воды (в частности, тяжелых металлов) может быть повышенным, и они оцениваются более высоким уровнем загрязнения. В данной классификации градации величин показателей в I классе («незагрязненная») соответствуют в основном

фоновым, а в VI классе («предельно грязная») — максимальным зарегистрированным в загрязняемых водных объектах.

Фоновые значения всех ксенобиотиков, не свойственных природным водам, принимают равными нулю, а в интервале от нуля до предельных значений каждый класс характеризуется определенным диапазоном концентрации этих токсикантов.

Установление УТЗ по содержанию токсических веществ дает возможность оценить только потенциальную токсичность воды. Фактическая же токсичность зависит от многих факторов, ослабляющих или усиливающих токсическое действие загрязняющих веществ (совокупное действие, температура, состояние популяций гидробионтов и т. д.). В частности, токсичность тяжелых металлов зависит от того, в какой форме (растворенной, взвешенной, закомплексованной) они находятся в воде, поскольку наиболее токсичны свободные (гидратированные) ионы. Связывание тяжелых металлов в комплексы с природными органическими лигандами приводит к ослаблению или полному исчезновению токсичности.

Общее содержание в природных водах некоторых металлов, в частности цинка, железа, а также концентрация их свободных (незакомплексованных) ионов (составляющих лишь определенную долю от общего содержания) зачастую значительно превышают предельно допустимую концентрацию (рыбо-хозяйственную).

Поскольку УТЗ воды определяет ее загрязненность (а не чистоту), разряды, соответствующие «предельно чистой — вполне чистой» водам комплексной (1 — 26) классификации, в данной частной классификации отсутствуют, а 1 класс УТЗ воды («нетоксичная») соответствует разряду За («достаточно чистая вода»). Это же относится и к классификации по содержанию радионуклидов.

3.1.2. Разработка классификационной схемы токсичности вод по данным биотестирования встречает значительные трудности по многим объективным причинам.

Токсичность воды, устанавливаемая методом биотестирования — это интегральный показатель, отражающий совокупное действие многих химических компонентов загрязнения, причем химический состав и концентрация токсикантов в биотестировании не учитываются.

В отличие от химических и других показателей качества воды, устанавливаемых аналитически, биотест, даже в простейшем варианте, — это эксперимент, проводимый либо в лаборатории, либо на водовыпуске или водозаборе, либо непосредственно на водном объекте. Он должен удовлетворять следующим требованиям: а) иметь обязательный контроль на

заведомо чистой воде; б) отличаться чувствительностью, экспрессностью, воспроизводимостью и достоверностью; в) иметь определенное инструментальное оформление (предпочтительно — автоматизированную систему съемки показателей).

Результаты биотестирования зависят от выбора тест-объекта и критерия токсичности, соблюдения нормативных методических требований, условий проведения опытов (мутность — наличие взвесей, температура воды, жесткость, содержание кислорода, рН и др.), т. е. от тех показателей качества воды, которые рассматриваются в эколого-санитарной классификации. Особенно большое значение имеет качество воды контроля, безусловно исключающее присутствие каких-либо загрязняющих веществ (разряды 1 — 2а). Только высокотоксичные воды можно подвергать биотестированию, применяя для контроля воду разряда хуже 2а (или вовсе без контроля). Следует учитывать и то обстоятельство, что основная масса токсикантов в мутных водах адсорбирована на взвешах, в связи с чем при биотестировании таких вод необходимы фильтрация, отстаивание воды и ее дифференцированное биотестирование.

В разных странах разработаны и опубликованы сотни биотестов на различных тест-объектах: микроорганизмах, водорослях, макрофитах, беспозвоночных, рыбах, но они существенно различаются между собой.

В Украине утверждено «Методическое руководство по биотестированию вод», в котором в качестве тест-объектов рекомендуются дафнии (*Daphnia magna* S.) и цериодафнии (*Ceriodaphnia affinis*). Эти тест-объекты многократно апробированы в мировой практике и прошли аттестацию Государственной временной научно-технической комиссии по отбору и апробации биотестов. Поэтому при построении классификационной схемы качества вод по токсичности целесообразно рассматривать в качестве потенциальных тест-объектов именно этих рачков.

Хронические биотесты требуют от исполнителей хорошего знания морфологии и биологии тест-объектов. Более доступны и легко учитываются результаты острых опытов, в которых основным критерием является смертность (или обратная величина), в процентах 100 %. Это абсолютный критерий, со- сферы. Однако в полевых условиях, при необходимости быстрого выявления токсичности воды, можно использовать и местные популяции, в том числе и различные виды ветвистоусых ракообразных.

Об отсутствии токсичности тестируемой воды можно судить только при отрицательном эффекте как острых, так и хронических биотестов (чувствительность последних может быть выше на 1 — 3 порядка).

Обнаружение острой токсичности сразу же выводит тестируемую воду из категории природных в категорию сточных и приравненных к ним вод, поскольку Правилами охраны поверхностных вод острая токсичность для природных вод не допускается. Остро токсичные природные воды рассматриваются как разведенные сточные. Таким образом, в отношении природных вод можно говорить только о двух классах токсичности: нетоксичности и слабой (хронической) токсичности; все остальные уровни токсичности относятся уже не к природным, а к сточным и аналогичным им (шахтным, дренажным) и их различным разведениям (так называемому токсикогенному стоку).

Токсичность природной воды, помимо техногенных примесей, может быть обусловлена распадом биомассы синезеленых водорослей в период «цветения» воды, а также образованием свободных радикалов и перекиси водорода при воздействии ионизированного излучения, но эти формы токсичности являются обычно временными и требуют специальной оценки.

Для построения классификационной системы с учетом всего изложенного шкалу токсичности вод необходимо подразделить на две основные зоны: а) нетоксичных и слабо токсичных вод (природные воды) и б) токсичных вод (сточные и приравняемые к ним воды). Тогда можно говорить о соответствии вод первой зоны разрядам 1 — 3а комплексной классификации качества воды, а все остальные ее классы и разряды находят свое соответствие в классах, на которые может быть подразделена зона острой токсичности.

3.2. Классификация ПВС (по уровню радиоактивного загрязнения (УРЗ) основывается на оценке содержания в ней радионуклидов. В формировании радиоактивного загрязнения воды наиболее значительную роль играют следующие радионуклиды: 1) вездесущие, накопившиеся в биосфере вследствие испытаний ядерного оружия и образующиеся при эксплуатации АЭС — стронций-90 и цезий-137; 2) поступающие в водоемы с продуктами коррозии технологических схем ядерных реакторов — хром-51, марганец-54, железо-59, кобальт-58, -60, цинк-65; 3) появляющиеся при аварийных выбросах осколки деления урана — стронций-89, ниобий-95, рутений-103, -106, сурьма-125, йод-131, цезий-134, церий-141, 144.

Принятыми в настоящее время нормативами содержания радионуклидов в воде являются допустимые концентрации (ДК<sub>Б</sub>), рабочие пределы концентраций (или «выведенные рабочие лимиты») и рекомендуемые пределы концентраций. По сравнению с допустимыми концентрациями радионуклидов в воде рабочие и рекомендуемые пределы концентрации более жесткие. а

следовательно, более приемлемы для использования при оценке радиоэкологической ситуации.

Г) В классификации водных объектов уровни (классы) радиоактивного загрязнения для воды установлены на основе значений рабочих и рекомендуемых пределов концентраций и допустимых концентраций наиболее экологически значимых радионуклидов: I класс («незагрязненная») характеризуется уровнем содержания стронция-90 и цезия-137 ниже обычных фоновых концентраций и отсутствием радионуклидов осколочного и коррозионного происхождения; II класс («слабозагрязненная») — от фоновых значений стронция-90 и цезия-137 до уровня рабочих пределов всех радионуклидов, включая коррозионные и осколки деления; III класс («умеренно загрязненная») — от уровня рабочих пределов до уровня рекомендуемых пределов; IV класс («сильно загрязненная») — от уровня рекомендуемых пределов промежуточных значений между рекомендуемыми пределами и допустимыми концентрациями; V класс («весьма грязная») — от промежуточных значений между рекомендуемыми пределами и допустимыми концентрациями до значений допустимых концентраций; VI класс («предельно-загрязненная») — выше допустимых концентраций.

Таким образом, комплексная экологическая классификация позволяет всесторонне охарактеризовать качество поверхностных вод суши, поскольку она включает необходимый набор как общих, так и специфических показателей. Оценка качества воды осуществляется по четырем блокам: 1) характеристика минерального и ионного состава; 2) трофо-сапробность (эколого-санитарная оценка); 3) эколого-токсикологическая оценка по уровню токсического загрязнения; 4) радиоэкологическая оценка уровня безопасности.