

### Литература

1. *Хорошевская В.О.* Геохимическая роль сине-зелёных водорослей в формировании ванадиево – никелевого комплекса органического вещества эпиконтинентальных водоёмов // «Известия вузов. Северо-Кавказский регион», 2012, №1. С.98-101.

2. *Хорошевская В.О., Предеина Л.М., Кожевников В.А., Коренева К.О.* Особенности влияния ванадия на показатели развития фитопланктона в эксперименте на модельных экосистемах // Проблемы и мониторинг природных экосистем: сборник статей Международной научно-практической конференции МНИЦ ПГСХА. Пенза: РИО ПГСХА, 2014. С.120-124.

3. *Хорошевская В.О.* Формы содержания ванадия, никеля и молибдена в реках Приазовья //«Вода химия и экология», 2015, №2. С.11-16.

4. *Хрусталёв Ю.П.* Закономерности осадконакопления во внутриконтинентальных морях аридной зоны. Л.: Наука, 1989. 267 с.

## ПРОЯВЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЕДСТВИЯ НА КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ ЮГА РОССИИ

Хоружая Т.А.<sup>1</sup>, Минина Л.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем РАН, Гидрохимический отдел,  
г. Ростов-на-Дону

<sup>2</sup>Гидрохимический институт, г. Ростов-на-Дону

Задача выявления экологического бедствия на водных объектах не нова: она была поставлена еще в 90-е годы прошлого столетия [1]. В настоящее время анализ экологического благополучия и выявление признаков неблагополучия и его крайней степени – экологического бедствия (глубоких необратимых изменений в экосистеме согласно [1]) не утратили актуальности и, очевидно, останутся важными в будущем в связи с ростом антропогенных нагрузок, в том числе на водохранилищах. Этой задаче уделено особое внимание в действующем законодательстве РФ (ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изменениями 29.12 2014 г.); Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 №74-ФЗ (ред. от 14.10.2014).

Цель исследования – разработать методический подход и алгоритм выявления состояний экологического неблагополучия водохранилищ на примере крупных водохранилищ юга России: Цим-

лянского на р. Дон, Пролетарского и Веселовского на р. Западный Маныч. В отличие от оценки по [1] – выявления экологически неблагополучных территорий (зон) по данным, полученным не менее чем за три года, предлагается определять состояния экологического неблагополучия: экологического бедствия (ЭБ) и чрезвычайной экологической ситуации (ЧЭС) водных объектов, по комплексу физико-химических и биологических показателей за любое время.

Материалом для исследования послужила многолетняя информация режимного мониторинга Росгидромета (1971-2013 гг.) из базы данных ФГБУ «ГХИ»; а также методические наработки и научные исследования авторов на водохранилищах [2,3 и др.].

**Результаты исследований.** Разработан алгоритм оценки состояния экологического благополучия/неблагополучия водных объектов с использованием комплекса физико-химических, гидробиологических и токсикологических (биотестовых) показателей, включающий следующие этапы:

- выбор и ранжирование комплекса показателей и параметров, соответствующих относительно удовлетворительному состоянию водной экосистемы, т.е. экологическому благополучию и двум рангам экологического неблагополучия: ЭБ и предшествующего ему состояния ЧЭС;
- выявление признаков ЭБ и ЧЭС на водохранилищах с помощью ранжированных показателей и параметров качества воды по фактическим данным мониторинга и исследований.

Для анализа и оценки состояния экологического благополучия/неблагополучия водохранилищ выбраны физико-химические, гидробиологические и токсикологические (биотестовые) показатели, характеризующие основные внутриводоемные процессы: загрязнение, эвтрофирование и токсификацию. Показатели и параметры ранжированы для состояний: относительно удовлетворительного (ОУ), ЧЭС и ЭБ на основе шкал и классификаций, используемых в России [4] и за рубежом (в ЕС [5] и в Украине [6]). При этом учтен опыт наших разработок по проблеме экологического благополучия, ориентированных на совершенствование государственного мониторинга Росгидромета [2].

В комплекс основных физико-химических показателей оценки экологического благополучия водохранилищ включены: класс качества воды по загрязненности, повторяемость превышений ПДК загрязняющих веществ (ЗВ) в ежегодных пробах; концентрации ве-

ществ 1-2 и 3-4 классов опасности и биогенных веществ, минерализация и др. (см. табл. 1).

Таблица 1 – Основные физико-химические показатели, характеристики и параметры состояний экологического благополучия/неблагополучия экосистем водохранилищ

Показатели	Характеристики и параметры состояний		
	относительно удовлетворительного	чрезвычайной экологической ситуации	экологического бедствия
Класс качества воды по удельному комбинаторному индексу загрязнения (УКИЗВ)	1-й класс – вода “условно чистая”	4-й класс – вода “очень грязная”	5-й класс – вода “экстремально грязная”
Значение УКИЗВ <sup>1)</sup>	УКИЗВ=0,9-0,5	УКИЗВ=9,9-5,0	УКИЗВ= 9,9-5,5
Повторяемость превышений ПДК в течение года, доля проб с превышением, %	до 25	от 50 до 80	от 75 до 100
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	до 1000	–	более 2000
Вещества I и II классов опасности	отсутствуют	концентрации – высокого загрязнения (ВЗ)	концентрации – экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ)
Вещества III и IV классов опасности	концентрации ниже ВЗ и ЭВЗ	концентрации на уровне ВЗ	концентрации на уровне ЭВЗ
Концентрация азота аммонийного, мг/дм <sup>3</sup>	до 0,20 включ. ПДК= 0,40	1,01-2,50	более 2,50
Концентрация азота нитритов, мг/дм <sup>3</sup>	до 0,005 включ. ПДК=0,02 по азоту	0,051-0,100	более 0,100
Концентрация азота нитратов, мг/дм <sup>3</sup>	до 0,30 включ.	1,01-2,50	более 2,50
Концентрация фосфора минерального, мг/дм <sup>3</sup>	до 0,030 включ. ПДК= 0,2	0,201-0,300	более 0,300
Концентрация растворенного кислорода, мг/дм <sup>3</sup>	7,6-8,0 (ПДК- минимум 4,0)	ВЗ - снижение концентрации растворенного в воде кислорода от 3 до 2	ЭВЗ – снижение до 2,0 и менее
pH (реакция среды)	6,7-7,9	4,0-4,9 или более 9,5	менее 4,0 или более 9,7

В комплекс основных биологических показателей включены: гидробиологические характеристики загрязненности, трофности, сапробности, а также токсичность воды при биотестировании, состояние природных сообществ водных организмов и условий их обитания (см. табл. 2).

Таблица 2 – Основные биологические показатели, характеристики и параметры состояний экологического благополучия/неблагополучия экосистем водохранилищ

Показатели	Характеристики и параметры состояний		
	относительно удовлетворительного	чрезвычайной экологической ситуации	экологического бедствия
Класс качества воды по планктон. показателям	I и II класс (вода «условно чистая» и «слабо загрязненная»)	IV класс (вода «грязная»)	V класс (вода «экстремально грязная»)
Индекс сапробности	до 1,5	3,6-4,0	более 4,0
Класс качества воды по макрозообентосу БИ И Г-У, %	I и II класс – вода “условно чистая” и “слабо загрязненная” БИ= 5-10 И Г-У менее 50	IV класс – вода “грязная” БИ=2 И Г-У 71-90	V класс – вода “экстремально грязная” БИ=1-0 И Г-У 91-100
Биомасса фитопланктона, мг/дм <sup>3</sup>	менее 1,0 и 1,0	10,1-50,0	более 50,0
Доля синезеленых в общей биомассе водорослей, %	не более 25	от 50 до 75 эпизодически	более 75
Концентрация хлорофилла «а» (среднегодовая или медиана), мкг/ дм <sup>3</sup>	0,1-1,0 (воды олиготрофные)	10,0 (воды эвтрофные)	порядка 20,0 (воды гипертрофные)
Площадь зоны «цветения», % от общей площади водоема (превал. знач.)	незначительная (менее 25)	от 25 до 50	от 51 до 100
Трофность по фитопланктону	олиготрофные воды	эвтрофные воды	гипертрофные воды

Зона сапробности	ксеносапробные – олигосапробные воды ИС от 0,50 до 1,50	α-мезо-апробные воды ИС от 3,6 до 4,0	полисапробные воды ИС более 4,0
Токсичность воды при биотестировании на дафниях	ОТД и ХТД отсутствуют на протяжении 96 ч	ОТД на протяжении 48 ч	ОТД на протяжении 24 ч
Примечания: ИС – индекс сапробности по Пантле и Букку; БИ – биотический индекс Вудивисса; И Г-У- индекс Гуднайта-Уитлея; ОТД - острое токсическое действие; ХТД –хроническое токсическое действие.			

Применение разработанного комплекса для анализа информации мониторинга Росгидромета и данных научных исследований позволило выявить признаки ЧЭС и ЭБ на всех рассмотренных водохранилищах, причем они обнаруживались не по всем, а лишь по отдельным показателям и в отдельные временные периоды.

Так, общий уровень загрязненности Цимлянского водохранилища по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды (УКИЗВ), принятому в мониторинге Росгидромета [4], многие годы держится на уровне 3-4 классов качества воды («загрязненная» - «грязная» по [4]).

Наиболее грязной чаще всего была вода верхнего участка водохранилища, где отмечены единичные случаи высокого загрязнения (ВЗ) нефтепродуктами. Высокая повторяемость превышений ПДК ЗВ (меди, трудноокисляемых органических веществ (ОВ), азота аммонийного и нитритного, сульфатов), длительное время регистрируемая на водохранилище и свидетельствующая об устойчивости загрязнения, класс «грязная» вода, отнесены к признакам ЧЭС и ЭБ. В отдельные годы эти признаки выявлены по концентрациям веществ 1-2-го классов опасности, а по концентрациям веществ 3-4 классов (нефтепродуктов и соединений меди) - признаки ЧЭС.

На Цимлянском водохранилище признаки ЧЭС и ЭБ по биологическим показателям проявляются по параметрам развития фитопланктона: биомассе (среднегодовым и максимальным величинам), массовому развитию токсичных видов синезеленых водорослей и их высокой доле (до 100% [3]) в сообществе, по высокому уровню трофности, а также по проявлениям острого и хронического токсического действия воды на гидробионтов в современный период.

Основная особенность Манычских водохранилищ – высокая минерализация, обусловленная их расположением в зоне солонце-

ватых почв [2,3]. В Веселовском водохранилище она превышает ПДК более чем вдвое, в Пролетарском (восточной части) – в десятки раз. Такие превышения ПДК отнесены к признакам ЧЭС и ЭБ.

Общий уровень загрязненности по УКИЗВ [4] в многолетнем плане наиболее высок в Пролетарском водохранилище у п. Правый Остров и с. Маныч-Грузское (так, в начале 2000 гг. – вода «экстремально грязная», 5 класс [4]). По этому признаку состояние участков отнесено к ЭБ. К настоящему времени загрязненность снизилась до 4 класса («грязные» воды [4]), что соответствует ЧЭС. Однако, по повторяемости превышений ПДК сульфатов, хлоридов, соединений магния, железа и меди, легкоокисляемых ОВ, азота аммонийного и нитритного, все же выявлены признаки ЭБ: доля таких проб в году достигает 100% [4].

Вода Веселовского водохранилища в последние десятилетия в основном оценена как «очень загрязненная» или даже «грязная» с высокой ежегодной повторяемостью превышений ПДК; отличается высоким содержанием ОВ [4], хотя после опреснения кубанской водой оно снизилось более чем в 10 раз. Эти признаки отнесены к граничащим с ЧЭС.

Анализ относительной значимости различных признаков ЭБ (в процентах к общему числу) позволил заключить, что на всех водохранилищах ЭБ было обусловлено главным образом физико-химическими показателями, причем число их было практически одинаковым на Цимлянском и Манычских водохранилищах. В то же время по биологическим показателям (интенсивному развитию фитопланктона с преобладанием токсичных видов синезеленых водорослей, гипертрофности, токсичности воды при биотестировании) ЭБ выявлялось только на Цимлянском водохранилище, тогда как на Манычских нарушения биологических показателей ограничивались ЧЭС. Таким образом, по биологическим показателям необратимых изменений состояния Манычских водохранилищ вообще не выявлено, что свидетельствует об относительной стабильности биотической компоненты водных экосистем, но при существующей угрозе для водной биоты. Относительно более благополучное состояние биотической компоненты подтверждается также большим процентом биологических признаков ОУ-состояния на Маныче при равных соотношениях признаков по физико-химическим показателям.

Предлагаемый подход, основанный на применении большого набора физико-химических и биологических показателей, позволил оценить состояния экологического благополучия Цимлянского, Пролетарского и Веселовского водохранилищ и выделить показатели, обуславливающие формирование экологического бедствия. Важно, что признаки угрозы наступления необратимых изменений (ЧЭС) могут быть использованы для разработки мер по снижению вероятности развития ЭБ водных экосистем водохранилищ и разработки мер по их реабилитации. Подход может быть применен для оценки состояния других водохранилищ в любой момент времени или за многолетний период. Использование классификаций и методов оценки загрязненности и качества воды, разработанных в России, Директив ЕС [5] и методик Украины [6], открывает перспективу применения подхода для решения практических вопросов, возникающих на трансграничных водных объектах.

### Литература

- 1 Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия // Зеленый Мир. Российская экологическая газета. 1994.- № 12. - С.8.
- 2 Оценка состояния пресноводных экосистем по комплексу химико-биологических показателей. Р 52.24.763-2012. Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2012.- 22 с.
- 3 *Никаноров А.М., Хоружая Т.А., Мартышева Н.А.* Современные характеристики и тенденции многолетних изменений экологотоксикологического состояния Цимлянского водохранилища // Метеорология и гидрология. 2012. №4. С. 75-85.
- 4 Ежегодники. Качество поверхностных вод Российской Федерации. СПб.: Гидрометеиздат, 2003-2013 гг.
- 5 Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official J.Europ.Communities. 2000.- L.327/1/ 118 p.
- 6 Методика экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям // Сборник нормативно-методических документов по организации и осуществлению мониторинга поверхностных вод. Харьков: ИД «ИНЖЕК», 2007.- 38с.