

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ
МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИРОДНЫХ
ГИДРОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА)**

Т.Д. Зинченко

*Институт экологии Волжского бассейна РАН;
ул. Комзина, 10 Тольятти, 445003 Россия. E-mail: tdz@mail333.com*

Рассматривается современное представление о методологии проведения мониторинга поверхностных вод на основе биоиндикационных исследований. Базовой основой для выполнения методологического подхода послужили многолетние исследования водоемов и водотоков Волжского бассейна. Предложена схема мониторинговых исследований, включающая несколько последовательных этапов.

**METHODOLOGICAL APPROACH TO THE MONITORING RESEARCHES
OF NATURAL HYDROSYSTEMS (ON THE EXAMPLE
OF THE VOLGA RIVER BASIN)**

T.D. Zinchenko

*Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences, Komzina Str. 10, Togliatti,
445003, Russia. E-mail: tdz@mail333.com*

Using the modern notion of the methodology of monitoring of fresh waters on the basis of bioindication researches is considered. The basis for the performance of the methodological approach is the long-term researches of reservoirs and water-currents of the Volga river basin. The scheme of the monitoring researches, including some consecutive stages is offered.

Оценка антропогенного воздействия на биотические компоненты экосистем во многом осложняется пространственной дифференциацией донных сообществ. Выполнение основной задачи экологического мониторинга – «выявление зон возможного экологического неблагополучия» (Основные принципы организации и функционирования ЕГСЭМ) подразумевает необходимость постоянного накопления информации, ее анализ и синтез, в процессе которых описание состояний популяций и сообществ и «правила» их преобразования приводятся в соответствие друг с другом (Павлов, 2000). При этом нет необходимости полного описания всех параметров исследуемых систем и полного описания пространства их состояний. Для разных целей должны быть различны сами параметры и их число, своя точность и достаточность описания (Шитиков, Зинченко, 1997; Шитиков, Розенберг и др., 2003). Выбор параметров должен обеспечивать получение информации о начальных стадиях реагирования популяции на действие антропогенных факторов. Параметры должны быть достаточно чувствительны и информативны, обладать достаточной селективностью (Павлов, 2000).

Существенные методологические трудности в биоиндикационных исследованиях возникают при оценке состояния популяций и сообществ. При этом число выборок и их распределение в пространстве, а также пределы экстраполяции полученной информации должны определяться задачами исследования и особенностями внутривидовой

пространственной и временной дифференциации видовой структуры изучаемых водных сообществ.

Еще раз подчеркнем, что при мониторинге важно вывить начальные стадии изменения состояния экосистемы с тем, чтобы успеть принять решения и произвести необходимые действия по ликвидации или ослаблению негативного действия антропогенных факторов.

При рассмотрении методологических проблем оценки состояния экосистем важнейшим аспектом является установление особенностей их изменчивости во времени. Организация режимного экологического мониторинга требует конкретного ответа на вопрос, с какой частотой проводить наблюдения, чтобы удовлетворить требованиям необходимости и достаточности получаемого материала.

В зависимости от типа водных экосистем (малые и средние реки, озера, водохранилища и др.) их значимости в общей природной биоэнергетике и возможности исследователей предложения о выборе параметров для мониторинга могут существенно различаться.

Для оценки состояния окружающей среды в рамках проведения биомониторинга водных объектов предлагается схема проведения комплексной биоиндикации, которая заключается в комбинации оценки изменения донных организмов (с акцентом на хирономид как модельных индикаторов) на разных системных уровнях.

Предложена методика, применяемая при изучении водотоков Самарской области и включающая несколько последовательных этапов, согласующихся с общей структурой биомониторинга (см. рисунок).

Выделение однородных географических единиц с выявлением сходных физико-географических, гидрологических и гидрохимических факторов, а также типов антропогенного воздействия.

В разных географических зонах выделяется несколько модельных водных объектов, которые отличаются степенью антропогенного воздействия. В лесостепной и степной зонах бассейна Средней и Нижней Волги в рамках мониторинговых исследований выделяются малые реки возвышенностей, средние равнинные реки, ручьи и родники, устьевые участки рек, заливы водохранилищ, озера, пруды (дополнительно выделяются водохранилища как объекты экосистемного уровня биоиндикации при наличии многолетних данных комплексных исследований).

С точки зрения сохранения устойчивости водных экосистем можно выделить две группы веществ, поступающих в виде антропогенного загрязнения: токсические вещества, угнетающие функционирование гидробионтов, и вещества, стимулирующие их деятельность. По характеру влияния на водные экосистемы можно выделить два ярко выраженных вида воздействия загрязняющих веществ: непосредственное токсическое действие на водные организмы (тяжелые металлы и др.) и ухудшение условий среды обитания, связанные с эвтрофикацией, с высокой минерализацией, с заилением дна водоемов и трансформацией водотоков при их зарегулировании. Влияние поддающихся разложению нетоксичных органических веществ на экосистемы гораздо слабее по сравнению с действием веществ с токсичными свойствами (Моисеенко, Яковлев, 1990).

Химическими элементами, вносимыми в водоемы в составе сточных вод и отражающими специфику загрязнения являются, например, для рек бассейна Верхней Волги (р. Колокша с притоками-Владимирская обл.) азот, фосфор, ОВ; для равнинных рек бассейна Нижней Волги (реки Чапаевка, Сок, Чагра, Большой Иргиз) можно выделить марганец, медь, цинк, свинец, хром, кадмий, фенолы, нефтепродукты, хлорорганические пестициды (Выхристюк, Варламова, 1997). Это указывает на существенную роль техногенного фактора в процессах формирования современного гидрохимического режима поверхностных водоемов. При оценке токсификации или эвтрофикации его интенсивность можно оценить на основе существующих и фоновых показателей. Задача усложняется при комплексном разнофакторном загрязнении (р. Чапаевка). С целью оценки состояния водных экосистем и пригодности различных методов оценки качества вод для биоиндикации загрязнения по-

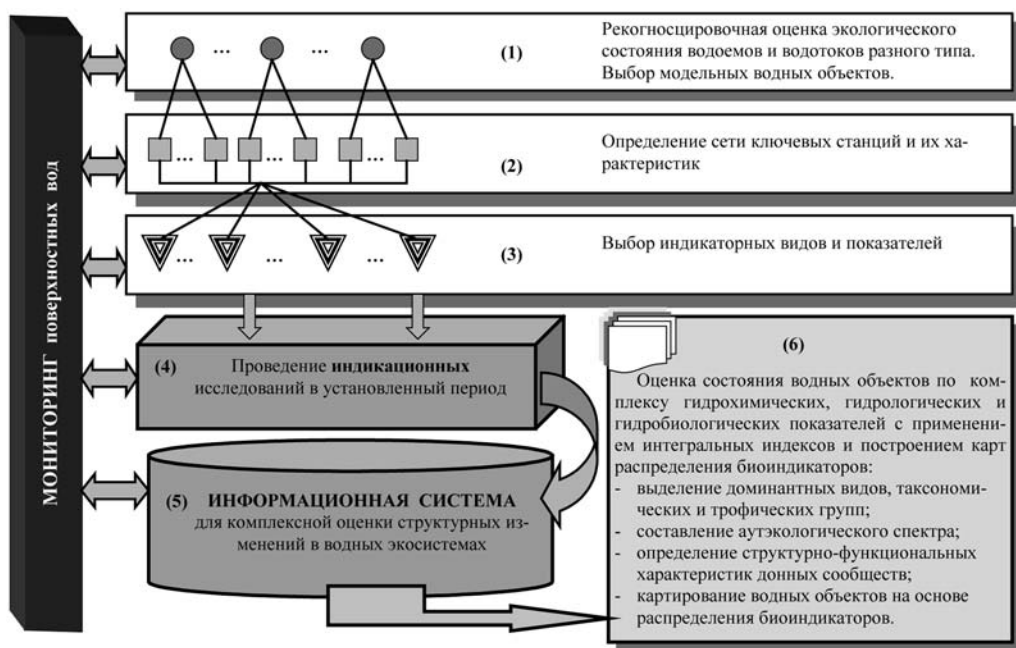


Схема основных этапов мониторинговых биоиндикационных исследований

верхностных вод в пределах Самарской области производилась апробация разных методов на средних и малых равнинных реках бассейна Средней и Нижней Волги (реки Чапаевка, Сок, Байтуган и др.). Особенно «удобным» водным объектом для подобных исследований является р. Чапаевка, испытывающая многокомпонентное антропогенное воздействие. На отдельных участках реки отмечено комплексное загрязнение от ряда предприятий химического и нефтехимического производства. Выделены участки рек с отсутствием промышленного загрязнения, загрязняемые хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными стоками, и участки рек, находящиеся под подпором водохранилищных вод.

Определение сети ключевых станций отбора проб и их характеристик.

Отбор проб производится на всем протяжении рек от истока до устья, после чего выбираются реперные станции в зависимости от гидрологических, геоморфологических особенностей рек, биотопического разнообразия и характера антропогенных воздействий на участках верхнего, среднего и нижнего течения рек. В качестве фоновых (эталонных) участков выделяются верховья рек в лесостепной зоне, а также реки в верховьях притоков правобережья Приволжской возвышенности и в верхних звеньях речных систем Бугульминско-Белебеевской возвышенности (реки Муранка, Байтуган, Маза, Тайдаков, Кондурча и др.), находящиеся на значительном удалении от промышленных предприятий.

Выбор индикаторов (организменный, популяционный, биоценотический, экосистемный уровни) и биоиндикационные исследования выбранных индикаторов проводятся в сходные (установленные) для сравниваемых водотоков периоды для оценки состояния индикаторов, их пространственной и сезонной динамики, проведения сравнительных анализов водных объектов (Зинченко, 2005; Шитиков, Зинченко, 1997, с. 45).

Сообщества макрозообентоса водотоков и водоемов исследованных регионов (Владимирская, Московская, Самарская, Саратовская, Волгоградская, Астраханская обл.) в значительной мере представлены личинками хирономид, моллюсками, олигохетами, ли-

чинками других амфибиотических насекомых. Высокое видовое разнообразие хирономид, как важнейшего компонента донной фауны поверхностных вод, и значительная их количественная представленность позволяют накапливать обширные массивы информации о локальных и обширных местообитаниях, подверженных воздействию различных факторов среды (Rosenberg, 1992; Зинченко, 2002). Отмечено, что представители олигохет и хирономид достигают значительного развития при «загрязнении» органическими и биогенными веществами на биотопах серых илов вблизи мест поступления коммунально-бытовых и сельскохозяйственных стоков. Редкая встречаемость представителей обеих групп при отсутствии других беспозвоночных, как это отмечено в р. Чапаевка, свидетельствует о токсическом уровне загрязнения.

На базовой основе полученных обобщенных данных о состоянии экосистемы р. Чапаевка (Экологическое состояние..., 1997), которая является модельным объектом реки с максимально высоким уровнем загрязнения, выявлены структурные характеристики хирономидного ценоза, являющиеся информативными показателями при решении теоретических и прикладных задач типизации водотоков и проведении мониторинга. В бассейне Средней и Нижней Волги установленным сроком проведения мониторинговых исследований на равнинных рек является летний период (июнь-июль) (Шитиков, Зинченко, 1997), обеспечивающий максимальное разнообразие и количественную представленность выбранных индикаторов.

Проведение индикационных исследований в течение 3–5 лет в установленный период.

Для сравнения экологического состояния рек, протекающих в разных ландшафтных зонах, были проведены многолетние мониторинговые исследования с использованием хирономид как биоиндикаторов на различных малых и средних равнинных реках (например, рек Муранка, Тайдаков, Байтуган, Сок, Чапаевка, Большой Кинель, Чагра, Большой Иргиз, и др.), результаты исследования которых опубликованы в монографии «Экологическое состояние...», 1997 и серии публикаций (Зинченко, 1994; Зинченко, Шитиков, 1999; Зинченко, Головатюк, 2000; Головатюк, 2003).

Для оценки водных экосистем и возможности их сравнения предложен аутоэкологический спектр («экологические шкалы») хирономид (Зинченко, 2002), служащий портретной характеристикой регионального состояния водотоков, полученный на основании многолетних исследований биологии хирономид и экологического состояния рек. Направление перестроек в водных экосистемах можно определить по многолетней динамике численности и биомассы отдельных групп и всего зообентоса. Большую ценность при оценке токсического и иного загрязнения представляет изучение морфологических деформаций у гидробионтов. В условиях загрязнения тяжелыми металлами и другими химическими веществами на протяжении длительного времени исследований считается перспективным определение уровня накопления токсикантов в органах и тканях гидробионтов. Целесообразность использования биотестирования как метода оценки степени токсичности природных вод широко обсуждается и дискутируется в гидробиологической литературе (Моисеенко, Яковлев, 1990; Семенченко, 2004; Rosenberg, 1992), находя своих сторонников и противников, в связи с их трудоемкостью, необходимостью соблюдения стандартных условий и пр.

Разработка информационной системы для комплексной оценки структурных изменений в водных экосистемах.

Нами разработана блок-схема представления данных, включающих географический аспект (реки и станции отбора проб), временной аспект исследований (даты отбора проб воды и грунта), гидрологические параметры (глубина, ширина реки, скорость течения, характер грунта, температура и пр.), гидрохимические показатели (рН, O_2 , БПК₅, БО и пр.), гидробиологические параметры – виды, биомасса и численность каждого вида беспозвоночных на 1 м² дна, общие численность и биомасса каждой таксономической группы беспозвоночных, принадлежность к трофической группе; сведения о планктонных со-

обществах, микробиологические показатели и др., полученные на отдельных реках при проведении комплексных исследований сотрудниками различных лабораторий Института экологии Волжского бассейна РАН (Экологическое состояние..., 1997). Разработанная информационная система необходима для комплексной оценки структурных изменений в изучаемых экосистемах под влиянием природных и антропогенных воздействий и оценки роли гидробионтов в самоочистительных процессах на малых реках. Экологическая информация должна включать в себя все возможные наблюдения, характеризующие «отклик» экосистем на антропогенные воздействия, изменяющиеся во времени и пространстве.

Оценка экосистемы рек по комплексу гидрохимических, гидрологических и гидробиологических показателей с применением интегральных индексов их экологического состояния и построением карт распределения таксонов биоиндикаторов.

Намим предложен способ комплексной оценки состояния экосистем малых рек лесостепной и степной зон Среднего Поволжья на основании гидрохимических и гидробиологических показателей (интегрированный индекс экологического состояния – ИИЭС), который дает возможность количественно оценить состояние водотока или участка реки и ранжировать критические уровни антропогенных нагрузок на экосистему. Применение разработанного критерия позволило выделить при районировании р. Чапаевка зоны экологического состояния водотока.

Результаты исследований представлены в публикациях (Zinchenko et al., 2000; Зинченко, 2002; Гелашвили, Зинченко и др., 2002; Шитиков и др., 2004; Шитиков, Зинченко, 2005; Шитиков, 2003). Степень изменения экосистем отражается экологическими индексами, возможность адаптации которых к задачам гидробиологического мониторинга на малых реках обсуждалась нами ранее и результаты их применения были изложены в монографии «Количественная гидроэкология...» (Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2005). Картирование биоценозов в пределах изучаемого региона обычно производится на основе выделения доминантных видов, таксономических групп, трофических групп (Зинченко, 2002). Нами выполнено картирование водных объектов, базовой основой для которого явилось распределения установленных видов и таксонов хирономид в реках бассейна Средней и Нижней Волги, что дает наглядное представление о биоиндикационных свойствах доминирующей группы в составе донных сообществ.

Результаты мониторинга предполагают перевод научных данных в управленческие решения, связанные с эксплуатацией водных ресурсов. Подход, основанный на анализе биологических и других экологических данных, позволяет существенно облегчить использование результатов мониторинговых исследований в системе управления.

Согласно Рамочной водной директиве Европейского Союза (WFD) в европейских странах (2000 г.) разработаны и вступили в силу мониторинговые программы, которые будут являться основой для управления водными ресурсами. В первую очередь внимание уделяется биоиндикации текучих вод, основанной на использовании донной фауны, методам расчета биотических индексов и других показателей, отражающих качество воды. Рассматриваются структура и основные подходы двух наиболее широко используемых систем биоиндикации – RBP и RIVPACS, которые нашли своих сторонников и противников. «Следует понимать, что Директива ЕС носит рамочный характер, в связи с чем не требуется внедрение всех ее положений. Соответственно, требуется выделение приоритетных задач, решение которых является необходимым минимумом на начальных этапах» (Семенченко, 2004, с. 108).

Многолетние исследования водотоков Волжского бассейна на основании предложенного нами методологического подхода для мониторинга водных объектов позволили создать сеть эталонных рек и станций отбора проб, осуществить интеркалибровку биологических показателей, индексов оценки экологического состояния рек и качества воды.

Литература

- Выхристюк Л.А., Варламова О.Е. 1997. Химический состав воды и донных отложений. // Экологическое состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (Биологическая индикация). Тольятти: ИЭВБ РАН, С. 65–80.
- Гелаишвили Д.Б., Зинченко Т.Д., Выхристюк Л.А., Карандашова А.А. 2002. Интегральная оценка экологического состояния водных объектов по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // Изв. Самар. НЦ РАН. Т. 4, № 2. С. 270–279.
- Головатюк Л.В. 2003. Макрозообентос р. Сок: состав, распределение, структурные показатели. // Изв. Самарского НЦ РАН. Самара. Вып. 1. С. 102–116.
- Зинченко Т.Д. 1994. К характеристике малых рек Самарской области // Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз. Тольятти: ИЭВБ РАН. С. 82–97.
- Зинченко Т.Д., Шитиков В.К. 1999. Гидробиологический мониторинг как основа типологии малых рек Самарской области // Изв. Самар. НЦ РАН. №1. С. 118–127.
- Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2000. Изменение состояния бентоса малых рек бассейна Средней Волги // Изв. Самар. НЦ РАН. Т.2, №2. С. 257–267.
- Зинченко Т.Д., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К. 2000. Методологический подход к оценке экологического состояния речных систем по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // Изв. Самар. НЦ РАН. Т.2, № 2. С. 233–243.
- Зинченко Т.Д., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К. 2000. Методологический подход к оценке экологического состояния речных систем // Тез. 3-я Верещагинская байкальская конференция. Иркутск. С. 92.
- Зинченко Т.Д. 2002. Хирономиды поверхностных вод бассейна Средней и Нижней Волги (Самарская область). Эколого-фаунистический обзор. Самара: ИЭВБ РАН. 174 с.
- Зинченко Т.Д. 2005. Биоиндикация как поиск информативных компонентов водных экосистем (на примере хирономид – Diptera, Chironomidae) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып.3. С. 338–359.
- Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. 1990. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. Л.: Наука. 221 с.
- Павлов Б.К. 2000. Методологические аспекты экологического мониторинга // Методология оценки состояния экосистем: учебное пособие / отв. ред. О.М. Кожова, В.В. Воробьев. Ростов-на-Дону: ЦВВР. С. 87–96.
- Семенченко В.П. 2004. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: Орех. 125 с.
- Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. 1997. Создание базы данных и алгоритм обработки информации // Экол. состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (Биологическая индикация). Тольятти: ИЭВБ РАН. С. 40–55.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2003. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН. 463 с.
- Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2004. Оценка качества поверхностных вод по индикаторным видам макрозообентоса // Водные ресурсы. Т. 31, № 3. С. 354–364.
- Шитиков В.К., Зинченко Т.Д. 2005. Комплексные критерии экологического состояния водных объектов: экспертный и статистический подход // Количественные методы экологии и гидробиологии (сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова): Отв. ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберг. Тольятти: СамНЦ РАН. С. 134–147.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2005. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: В 2 кн. / отв. ред. Е.А. Криксунов. М.: Наука/ Кн. 1. 281 с.; Кн. 2. 337 с.
- Экологическое состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (Биологическая индикация). 1997. / под ред. Зинченко Т.Д., Розенберга Г.С. Тольятти: ИЭВБ РАН. 337с.
- Rosenberg D.M. 1992. Freshwater biomonitoring and Chironomidae // Neth. J. Aquat. Ecol. Vol.26, № 2–4. P. 101–122.
- Zinchenko T.D., Vykhristyuk L.A., Shitikov V.K. 2000. A Methodological approach to the assessment of the ecological states of river systems // The third vereshchagin Baikal Conf. Irkutsk. P. 92–93.