

ПРЕДИСЛОВИЕ

"Язык вынуждает нас выражать свои мысли в одномерном потоке слов. Однако природа редко бывает столь проста и легко трактуема; наоборот, она имеет много различных измерений. Это особенно справедливо в отношении экологии... Идеального плана или совершенной последовательности изложения представленного здесь материала не существует".

Э. Пианка
("Эволюционная экология")

Адекватная оценка и нормирование антропогенных воздействий на биологические системы является одной из наиболее актуальных задач современной экологии. Эти воздействия создаются всё более сложными факторными комбинациями. Методы, применяемые для их оценки и нормирования, весьма несовершенны. В лучшем случае рекомендуется суммировать расчетные эффекты нескольких токсикантов с общими рецепторами, прочие же факторы рассматриваются по отдельности, вообще без учета какого-либо их взаимовлияния. Общеизвестно, что подавляющее большинство веществ в смесях влияют на живой организм иначе, чем по отдельности. Эффект их сочетания может быть не только суммарным (аддитивным), но и более, и менее сильным, чем аддитивный. Более того, часто возникают и принципиально новые эффекты, совершенно не свойственные ингредиентам. Всё это значительно обесценивает результаты оценки качества природных сред на основе действующей системы санитарно-гигиенических нормативов.

Более объективные и надежные результаты позволяют получить методы биоиндикации, при условии правильного выбора самого биоиндикатора и его тест-характеристик. Общеизвестно, что для пресноводных экосистем одним из лучших биоиндикаторов (или даже лучшим) является макрзообентос – сообщества донных беспозвоночных длиной не менее 2 мм. По сравнению с другими сообществами гидробионтов, его характеристики наиболее стабильны в пространстве и времени. Поэтому именно макрзообентос наиболее отчетливо отражает не только общее состояние водной среды и экосистемы, но и их локальные особенности в градиентах внешних воздействий.

Характеристики донных сообществ довольно широко используются для оценки качества поверхностных вод суши. Вместе с тем, стандартные методы биоиндикации (например, оценка степени сапробности) ориентированы, преимущественно, на типичную сукцессию водной экосистемы по "классическому" сценарию антропогенного эвтрофирования, не отягощённого токсификацией. Это более или менее оправдано при оценке изменений экосистемы, вызванных поступлением сельскохозяйственных сточных вод. Однако современные антропогенные нагрузки на водные объекты гораздо более разнообразны и уже не поддаются такой упрощённой оценке.

При количественном изучении сложного воздействия на различные биосистемы зависимость их характеристик от внешних факторов часто аппроксимируется с использованием различных ординационных методов. Подбор значений многочисленных параметров регрессионного уравнения позволяет исследователю добиться достаточно точного описания данной конкретной зависимости и вести интерполяционные расчеты. Однако подобные уравнения не помогают проанализировать ситуацию, так как не отражают реальной роли каждого из факторов в их результирующем эффекте. И уж тем

более бесполезны такие модели для сравнения и обобщения сведений о разных воздействиях.

Более перспективной представляется разработка методов биоиндикации, использующих количественные закономерности реакции биоиндикатора на некий единый, универсальный показатель результирующего уровня сложного воздействия. Причем структура этого искомого показателя должна быть настолько "гибкой", чтобы обеспечивать адекватный учёт специфического взаимодействия практически любой возможной комбинации антропогенных факторов.

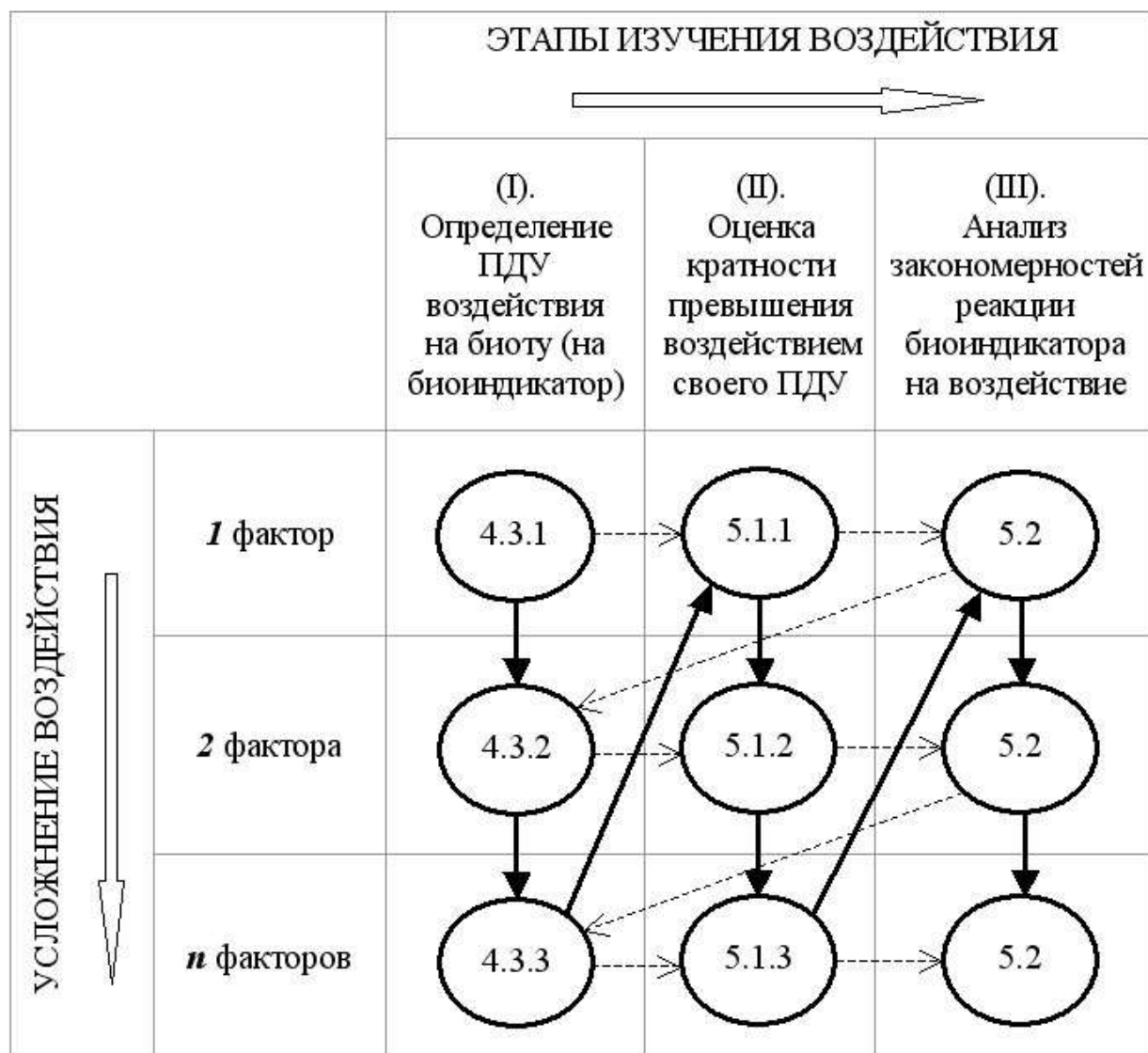
В настоящей книге обосновывается, описывается и демонстрируется на практике метод, отвечающий указанным требованиям и позволяющий количественно оценивать и нормировать многофакторные нагрузки на пресноводные экосистемы по состоянию макрозообентоса. Разработки основаны на результатах двадцатилетнего изучения разнообразных антропогенных воздействий на разнотипные водные объекты. В 1998 г. к работе по усовершенствованию и практическому приложению изоболического метода присоединились соавторы этой монографии – мои ученики и коллеги к.т.н. Д.С. Петров и аспирантка Т.В. Максимова. Гидроэкологические исследования на реках Луге и Плюссе с их притоками, а также на некоторых других реках бассейна Финского залива проведены нами совместно.

Следует вкратце пояснить некоторые структурные особенности монографии. Глава I содержит результаты аналитического обзора тематической литературы и определяет основные критерии, которым должен соответствовать метод количественной оценки многофакторных воздействий на гидроэкосистемы. В главе II характеризуются использованный фактический материал, методики его сбора и обработки, а также водные экосистемы, использованные как модельные при пояснении метода. В главе III излагается концепция оценки устойчивости сообществ макрозообентоса к внешней нагрузке. Процесс определения предельно допустимого уровня (ПДУ) воздействия на донные сообщества описывается в главе IV. Глава V рассматривает процедуру количественной оценки комбинированного воздействия путём сравнения с его собственным ПДУ. В главе VI приводятся некоторые примеры практического применения изоболического метода для оценки и нормирования многокомпонентных нагрузок на пресноводные экосистемы, прогноза наносимого им ущерба, выбора наиболее эффективных мер по уменьшению или предотвращению последнего.

Таким образом, сами операции, последовательность которых составляет изоболический метод, описываются в порядке их выполнения в главах III, IV и V. При этом каждая из операций поясняется на примерах нескольких факторных комбинаций разной степени сложности. По-видимому, композиция такой работы могла иметь два принципиально разных решения. Можно было выстроить её в соответствии с этапами применения изоболического метода: последовательно рассмотреть все стадии описания устойчивости макрозообентоса к воздействиям, определения их ПДУ и оценки кратности его превышения, а затем вывести общие закономерности реакции биоиндикатора–макрозообентоса на разнообразные комбинированные нагрузки. Возможен был и другой путь: поэтапно показать всю процедуру применения изоболического метода несколько раз, поочерёдно – для одного фактора, для сочетания двух факторов и затем уже для ситуации неограниченного количества компонентов воздействия.

Проблема этого выбора хорошо характеризуется цитатой, вынесенной в эпиграф. Действительно, идеального, беспроегрышного решения здесь, очевидно, не существует. Оба альтернативных варианта композиции имеют и свои значительные преимущества, и существенные недостатки, которые сопоставлены на приведённой *схеме* (в ячейках таблицы даны номера соответствующих разделов книги, а стрелками указаны две возможные последовательности изложения их сути). В итоге мы всё-таки решили избрать первый вариант, поскольку основным предметом монографии является сам изоболический метод, а не особенности его применения в различных частных случаях.

Альтернативные варианты композиции
(схема)



*Числа соответствуют номерам разделов,
стрелки обозначают возможную последовательность
их представления*

Характеристика альтернативных вариантов композиции:

	Первый вариант композиции: поочерёдный разбор каждого из этапов изучения воздействия	Второй вариант композиции: поочерёдный разбор усложняющихся форм воздействия
Обозначение на схеме		
Порядок изложения	каждый этап рассматривается отдельно, на примерах усложняющегося воздействия	каждая из форм воздействия рассматривается отдельно, с поочередной демонстрацией всех этапов его изучения
Преимущество	излагаемые методологические и методические построения легче воспринимаются	создаётся более цельное представление о модельных ситуациях воздействия на конкретные экосистемы
Недостаток	различные аспекты каждой модельной ситуации воздействий на экосистему описываются дискретно, при иллюстрации соответствующих этапов применения метода	изложение всех построений повторяется несколько раз, по мере усложнения рассматриваемой модельной ситуации, что намного увеличивает объём текста и затрудняет его восприятие

Пользуясь возможностью, хотелось бы поблагодарить всех коллег, так или иначе оказавших помощь при подготовке этой работы.

Я всегда буду искренне благодарен директору Зоологического института РАН, академику А.Ф. Алимову за многократные консультации и советы, которые существенно повлияли на моё формирование как специалиста–гидроэколога, в целом, и на программу исследований по теме данной монографии, в частности. Кроме того, без весьма серьёзной поддержки, оказанной мне Александром Фёдоровичем в трудную минуту, эта книга, скорее всего, вообще не была бы написана.

В течение почти двадцати лет, практически на всех этапах выполнения данной работы, получаемые результаты весьма плодотворно обсуждались на семинарах Лаборатории пресноводной и экспериментальной гидробиологии Зоологического института РАН, а также в частных беседах с сотрудниками ЗИН РАН д.б.н. М.Б. Ивановой (которой я особенно благодарен), д.б.н. С.М. Голубковым, к.б.н. П.И. Крыловым и другими коллегами. Консультации по видовой диагностике оказывали сотрудники ЗИН РАН д.б.н. Н.А. Петрова, д.б.н. Э.П. Нарчук и д.б.н. Л.А. Чубарева, а также д.б.н. Н.Ю. Ключе (СПбГУ).

Первые алгоритмы по расчёту устойчивости биосистем к многофакторным воздействиям были подготовлены нами в сотрудничестве с И.И. Евдокимовым, старшим инженером Лаборатории математического моделирования эволюции Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН. Я весьма признателен

коллективу этой лаборатории во главе с её заведующим, д.б.н. В.Ф. Левченко, за интересную совместную работу по интерпретации баз экологических данных с использованием изоболического метода.

Большую помощь при сборе и первичной обработке материалов в разное время оказали сотрудники Государственного научно-исследовательского института озёрного и речного рыбного хозяйства Т.П. Занцинская (Михайлина), М.М. Белов, С.В. Михельсон, К.Ю. Домбровский и О.Н. Алексеева, а также многие студенты горного факультета Санкт-Петербургского государственного горного института.

Методологические и методические построения, изложенные в этой книге, использовались в лекционных курсах, читаемых студентам СПГГИ по специальности "Инженерная защита окружающей среды". Это помогло (и даже заставило) добиться значительно большей ясности, простоты и последовательности изложения материала.

д.б.н., профессор В.Ф. Шуйский
shuisky@vs4146.spb.edu