

УДК 574.5(262.5)

В. Е. ЗАЙКА

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРИМЕНительно К МОРСКИМ РЕСУРСАМ

Противоречие между стремлением экологов к углубленному исследованию экосистем и утилитарным подходом к природе практиков и администраторов ведет исследователей к компромиссам. Полезно обсуждение проблем в терминах ресурсов. Важны методы оценки состояния живых ресурсов по организменным, популяционным и биоценотическим показателям. Приведены примеры методов, использованных для экосистем черноморского шельфа. Мониторинг состояния экосистем обеспечивает возможность прогнозов. Экологический прогноз должен быть компонентом системного, обязательно включающего социально-экономические блоки. При эколого-экономическом прогнозировании полезны методы аналогий, экспертных оценок, моделирования. Комплексное прогнозирование должно быть поэтапным (эшелонированным) ввиду иерархичности рассматриваемых систем. Развитие теории прогнозирования должно стимулироваться социальным заказом.

Экосистемы и ресурсы моря. Состояние прогнозов в экологии многими авторами оценивается пессимистически. В частности, отмечаются зачаточный характер теории экологического прогнозирования и неудовлетворительные результаты ряда прогнозов, положенных в основу реализованных проектов эксплуатации водных ресурсов страны [2]. Возможность разработки теории количественных прогнозов автор [2] связывает с созданием теории функционирования экосистем. Последняя, в свою очередь, во многих аспектах лишь намечена. Соответствующие проблемы требуют длительных усилий мощных научных коллективов. В то же время интенсивная эксплуатация природных ресурсов нуждается в своевременном прогнозировании последствий, экологической оптимизации проектов и решений. Постоянное противоречие между стремлением ученых к фундаментальной проработке проблем и потребностями пользователей ресурсов и администраторов в экспрессном прогнозировании существует во всех странах. При выдвижении проектов и принятии по ним решений экосистемы не воспринимаются как имеющие самостоятельную ценность вне их утилитарного значения для человека. Внимание обращают на ожидаемый эффект деятельности для физических и биотических ресурсов, важных в хозяйственном, рекреационном, эстетическом отношениях [23]. Исследователи стремятся спланировать обстоятельные количественные исследования структуры и функционирования экосистем. Политики, хозяйственники и общественность ждут ответа на более обобщенные вопросы. В этих условиях экологи обязаны идти на компромиссы, использовать упрощенные процедуры, экспрессные методы и показатели, экспертные оценки. Кроме того, прикладные экологические проблемы целесообразнее обсуждать не на языке структурно-функциональной экологии и механизмов отклика систем и их компонентов на изменения условий. Более понятным для всех заинтересованных кругов и инстанций является обсуждение в терминах ресурсов.

Классическая экологическая (биоэкологическая) методология ограничивает изучаемый объект природной экосистемой. Внимание нацеливается на структурно-функциональные исследования экосистем в нор-

© В. Е. Зайка, 1992

ме. Антропогенные факторы рассматриваются в одном ряду с другими внешними воздействиями. Ресурсный подход сближает биоэкологию с социальной экологией. В качестве объекта изучения при этом необходимо рассматривать систему, включающую и ресурсы, и их эксплуатацию. Использование одних ресурсов отражается на состоянии других, поэтому при комплексном подходе возникает необходимость уточнения классификации ресурсов, в частности морских [6, 7]. Особенно чувствительны к антропогенному вмешательству живые ресурсы, на состоянии которых отражаются все виды морепользования. Экосистемы являются источником сырьевых биоресурсов в широком смысле этого термина (кондиционирующих среду, рекреационных, эстетических). При ресурсном подходе для эколога структурно-функциональные исследования остаются базовыми, но не конечными этапами работы. Экологическое прогнозирование должно использовать кадастры ресурсов, включать анализ альтернативных проектов, оценки ожидаемого ущерба, выбор оптимальных вариантов. Морепользование является конкурентным, поэтому важно учитывать нормативные, правовые аспекты и стандарты. Все эти вопросы целесообразно обсуждать в терминах ресурсов.

Оценка состояния биоресурсов и экосистем. Экологические прогнозы должны основываться на учете состава и взаимосвязи всех форм ресурсов, связанных с функционированием экосистем. Помимо упоминавшихся выше сырьевых и экологических компонентов интегрального биоресурса моря заслуживают упоминания и такие разновидности ресурсов, как генофонд, потенциал биофильтра. Прогнозирование последствий той или иной деятельности имеет целью оценку ожидаемого состояния интегрального биоресурса и его составляющих. Следует учитывать как прямые, так и побочные воздействия антропогенного вмешательства. Например, если промысел оказывает прямой эффект на эксплуатируемые сырьевые ресурсы, то все другие виды морепользования сопровождаются побочным влиянием на интегральный биоресурс.

Состояние интенсивно эксплуатируемых сырьевых биоресурсов достаточно четко оценивается по их запасам и добыче на единицу промысловых усилий. О состоянии рекреационных ресурсов можно судить по притоку отдыхающих, санитарным показателям качества воды. Но для всестороннего анализа состояния всех форм биоресурсов необходимо перейти с уровня ресурсов на уровень экосистем и их компонентов. Требуется для конкретных типов экосистем разработать шкалу возможных состояний. Экологическое прогнозирование предполагает также знание трендов изменений в экосистемах под влиянием различных воздействий. Следует выяснить, какие изменения являются необратимыми. Наконец, последствия антропогенных воздействий должны прогнозироваться с учетом многолетних природных циклов. Несмотря на определенную степень целостности экосистем, по ряду причин приходится основываться на относительно малом числе частных показателей состояния. Подход эколога должен быть аналогичным таковому врача-диагноста, тестирующего специфические параметры для эффективной индикации состояния здоровья пациента [24].

Многолетние исследования шельфовых экосистем Черного моря позволили разработать эффективные способы биоиндикации состояния морских сообществ и экосистем. Практика показала, что целесообразно иметь широкий выбор взаимодополняющих показателей и гибко использовать различные их сочетания применительно к конкретным задачам и условиям. Полезными являются показатели организменного, популяционного и биоценотического уровней. Использование для биоиндикации микро- и мезопланктона, микро- и мейобентоса позволяет судить о кратковременных изменениях в состоянии экосистем. Долгоживущие, крупные и прикрепленные донные животные и растения используются для интегральной биоиндикации изменений в среде в течение относительно длительных периодов времени.

Биоценотические показатели требуют большей работы по сбору, обработке и анализу информации. Их чувствительность определяется шириной экологического спектра обследуемых видов и групп. Изменения среды затрагивают в первую очередь стенобионтные малоустойчивые формы. Меняется количественное соотношение эври- и стенобионтных групп. При более сильных нарушениях условий все больше видов и групп выпадает полностью. Следовательно, полезны структурные биоценотические показатели и индексы видового разнообразия либо иные количественные способы выражения богатства фауны и флоры. Дополнительную, а иногда и ключевую информацию о состоянии среды дают популяционные показатели для доминирующих видов и видов с различной экологической валентностью. Структурные изменения в видовых популяциях сопровождаются изменениями пространственных границ распространения, а на определенных стадиях нарушений среды — в морфологических признаках угнетения, аномалиях развития и размножения, появлениях уродств. Ниже кратко изложены примеры разработки и использования различных показателей для биоиндикации состояния экосистем Черного моря.

Некоторые методы биоиндикации состояния шельфовых экосистем и их компонентов. Наиболее полную и разностороннюю информацию о состоянии донных экосистем дают ландшафтно-биоценологические исследования. Например, повторные съемки экосистем бухты Ласпи в 1983 и 1989 гг. позволили выявить и обстоятельно проанализировать ухудшение состояния среды, произошедшее за этот период [20—22]. По изменениям видового разнообразия зообентоса удалось показать тотальное эвтрофирование нижней части аэробной зоны черноморского шельфа [5].

При биоценологической индикации этих изменений большое значение приобретают математические методы и статистический анализ данных. Влияние хронических загрязнений, выпуска сточных вод и заморгов на разнотипные сообщества зообентоса оказалось возможным количественно описать с помощью логит-анализа, многолетние изменения донных фитоценозов — благодаря применению сетевых моделей [12, 15]. В условиях Черного моря, при сильно выраженном доминировании «руководящих» видов донных сообществ, возможен упрощенный анализ биоценологических изменений по данным только о макробентосе. Исследование многолетних изменений в структуре макробентоса Каркинитского залива позволило построить ряды последовательной смены типов сообществ по мере усиления антропогенного воздействия. Это определило возможность надежного прогнозирования биоценологических изменений в бентали как в пространстве, так и во времени под влиянием эвтрофирования и заиления грунтов [21].

Установлено, что биоценологические сдвиги достаточно хорошо отражаются популяционными показателями вида-доминанта донных сообществ. Это определяется значительной эдификаторной ролью доминантов [21], их решающим вкладом в гетеротрофную продукцию сообществ [8] и в процессы биофильтра [11]. Разработаны специальные упрощенные морфологические и популяционные индексы, показавшие высокую эффективность при исследовании состояния моллюсков, доминирующих на разных глубинах, в связи с абиотическими условиями среды [18]. Упрощенные биотические индексы оказались полезными и при биоценотической индикации состояния сообществ цистозеры [16]. Морфологические аномалии нематод и брюхоногих моллюсков выявлены в местообитаниях с сильным загрязнением.

Описанные показатели и методы являются специфически экологическими. Они позволяют оценивать состояния организмов, популяций и сообществ. При ранжировании исследованных ситуаций по уровню антропогенных воздействий эти показатели дают основу для экологических прогнозов, которые на заключительной стадии разработки должны снова переводиться на язык ресурсного подхода.

Экологический компонент системного прогноза. При оценке возможных экологических изменений важно учитывать влияние таких природных явлений, как многолетние колебания климата, водности рек, солнечной активности и др. Однако главная цель прогноза — предсказать ожидаемый эффект эксплуатации ресурсов, т. е. деятельности человека. Поскольку все формы морепользования прямо или косвенно воздействуют на состояние «среды» (экологических ресурсов), то прогноз может быть полным и взвешенным лишь при учете всех проектов деятельности на море и в прибрежной полосе суши. Альтернативные проекты и возможную минимизацию ущерба среде следует анализировать, сопоставляя экономические социальные и экологические перспективы.

Поэтому обоснованным представляется комплексный подход к проблеме, предполагающий экономико-экологическую экспертизу проектов [10], природосберегающую рационализацию хозяйственной деятельности [9].

В решении некоторых задач этого направления, например при оптимизации водоохранной деятельности в системе бассейнов, полезны методы динамического программирования [17]. Сходный подход предложен применительно к разделению ресурсов между морепользователями с введением понятия об эксплуатационной единице [14] и с использованием в качестве нормирующего показателя емкости среды [4]. Экологическое прогнозирование наиболее практично в контексте обоснования решений по проектам как элемент управления формированием народнохозяйственного комплекса региона [10]. Прогноз непосредственно связан с оценкой ожидаемого ущерба, а эффект оптимизации выбора среди альтернативных проектов — с оценкой предотвращенного ущерба [9].

Принципы и методы экологического прогнозирования. Экологический прогноз устремлен в будущее, но всегда основывается на ретроспективном анализе процессов и состояний природных экосистем [24]. Сопоставление проектов морепользования с ранее исследованными случаями и ситуациями позволяет более или менее эффективно использовать для прогноза метод аналогий. Этот метод должен развиваться по мере накопления результатов разноплановых мониторинговых исследований.

Выявление закономерных количественных связей между состоянием экосистемы и степенью проявления того или иного антропогенного фактора обеспечивает более надежный прогноз. Из-за неполноты экологических знаний такие возможности открываются редко и лишь по частным вопросам. Например, изменения в бентосе рыхлых грунтов Черного моря можно довольно уверенно предсказывать по ожидаемой степени заиления осадка [18, 21], но очевидная связь самого заиления с антропогенными воздействиями может быть описана только квази количественно, т. е. с многими допущениями. Простейшими примерами подобных квази количественных экологических прогнозов могут служить широко используемые оценки ущерба для рыбных ресурсов. Результаты соответствующих расчетов являются, в сущности, закамуфлированным определением сумм оплаты за один из видов ресурсов. Введение прямой платы за биоресурсы настоятельно необходимо [1], как и за экологические ресурсы. Это не снимает целесообразности дальнейшего обоснования и уточнения методов определения нанесенного, ожидаемого либо предотвращенного ущерба от функционирующих производств, аварий, от реализации тех или иных проектов.

Экспрессным способом прогнозирования является метод экспертных оценок. Нередко считают, что он более других зависим от субъективизма и произвола экспертов, но эти особенности метода обратно пропорциональны степени квалификации и независимости последних. Во всяком случае, гораздо опаснее субъективизм и произвол прогностических оценок, когда он скрытно присутствует в объемистом наукообразном

анализе привлеченных результатов экспериментальных, полевых и модельных исследований.

Моделирование — перспективный метод прогнозирования. Экспериментальное моделирование обеспечивает выяснение хода процессов в искусственной системе или ее элементах. Гипотетической остается правомерность переноса полученных результатов на природную экосистему. При математическом моделировании используют ту же исходную информацию, что и при методах аналогий и экспертных оценок, но более эффективно (в хороших моделях). Степень полноты исходной информации определяет надежность заключений. Сложные математические модели трудны для критического рецензирования, поэтому важно не затушевывать в них пробелы в фактических данных. Целесообразно просчитывать варианты отклика системы в ожидаемых пределах изменчивости параметров, не сужая их искусственно. Тогда результаты моделирования оказываются наиболее ценными, позволяя планировать специальные эксперименты для повышения определенности заключений. Вообще прогностические исследования желательно проводить с использованием различных, в том числе взаимодополняющих методов. Эколого-экономический прогноз всегда иерархичен по своей структуре [22]. По этой причине организация прогностических разработок должна планироваться как последовательность этапов, с охватом все более высоких уровней системы. Такой подход, основанный на принципе эшелонированного прогнозирования [3], позволяет наиболее эффективно распределять исследовательские усилия в пределах времени, отведенного на всю разработку.

Подводя итоги изложенного, можно отметить, что эколого-экономическое прогнозирование лимитируется в своем развитии не отсутствием конструктивных подходов и методов. Основная причина кроется в остаточном принципе природоохранной деятельности, в отсутствии серьезного социального заказа на региональные и локальные прогнозы. Это не стимулирует экологов и специалистов других профилей к объединению в группы прогнозирования, накоплению необходимой информации об экосистемах под нужным для прогнозов углом зрения, к активной работе по углублению методов комплексного анализа возможных последствий всех проектов морепользования.

1. Алешин В. И. Вопросы совершенствования организационно-экономических основ построения водных биокадастров // Биоэкономические исследования рационального освоения живых ресурсов гидросферы. — Калининград, 1990. — С. 63—70.
2. Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 152 с.
3. Заика В. Е. Основные направления комплексного изучения морских биологических ресурсов // Биология моря. — 1979. — Вып. 6. — С. 3—7.
4. Заика В. Е. Емкость среды — содержание понятия и применение в экологии // Экология моря. — 1981. — Вып. 7. — С. 3—9.
5. Заика В. Е. Изменение количества видов макробентоса в Черном море на глубинах 50—200 м // Докл. АН УССР. — 1990. — № 11. — С. 55—60.
6. Заика В. Е., Пшенин Л. Н. Классификация морских ресурсов как основа рационального их использования // Теоретические и методологические основы комплексного изучения и освоения шельфов. — Л.: Наука, 1978. — С. 26—27.
7. Заика В. Е., Пшенин Л. Н. Научные основы классификации ресурсов Мирового океана // II Всесоюз. конф. по биологии шельфа: Тез. докл. — Киев, 1978. — Ч. 1. — С. 7—8.
8. Заика В. Е., Макарова Н. П. Продукция зообентоса Черного моря // Экология моря. — 1990. — Вып. 34. — С. 82—87.
9. Игнатьев А. Е., Ушакова Т. Ф. Научно-технический прогресс и охрана природы // Проблемы планирования управления экологическими процессами. — М., 1988. — С. 67—72.
10. Ковалева Н. Г. Совершенствование методов экономико-экологической экспертизы проектов строительства и реконструкции народнохозяйственных объектов // Экономико-экологические проблемы развития приморского региона. — Киев, 1989. — С. 39—47.
11. Логачев В. С., Повчун А. С., Заика В. Е. Прозрачность придонной воды, макродетрит и плотность поселений мидии в северо-западной части Черного моря // Биология моря. — 1990. — № 4. — С. 28—31.

12. Мазлумян С. А. Анализ индикаторных пределов изменения параметров сетевой модели для фитоценозов // Вклад молодых ученых-комсомольцев в решение современных проблем океанологии и гидробиологии: Тез. докл. — Севастополь, 1987. — С. 34.
13. Мазлумян С. А., Заика В. Е. Количественные показатели биоэкологического мониторинга природных экосистем на основе применения методов потоков в сетях // Состояние и перспективы улучшения и использования морской экологической системы прибрежной части Крыма. — Севастополь, 1983. — С. 14—15.
14. Мазлумян С. А., Заика В. Е. Некоторые методические подходы к проблеме комплексного использования ресурсов моря // Экология моря. — 1983. — Вып. 15. — С. 78—83.
15. Мазлумян С. А., Сергеева Н. Г. Использование логит-анализа для характеристики изменения структуры сообщества свободноживущих нематод // Гидробиологические исследования на Украине в XI пятилетке: Тез. докл. 5-й конф. Укр. филиала ВГБО (2—4 апр. 1987 г.). — Киев, 1987. — С. 71—72.
16. Маккавеева Е. Б. Биотический индекс оценки состояния экосистем жестких грунтов Черного моря. — М., 1986. — 30 с. — Деп. в ВИНТИ 18.12.86, № 9023—В86.
17. Муравьев С. В. О применении бассейнового подхода к решению задачи оптимального планирования водоохранной деятельности в масштабе страны // Водные ресурсы. — 1988. — № 5. — С. 112—116.
18. Петров А. Н. Исследование экологии моллюсков с применением некоторых индексов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1990. — 24 с.
19. Петров А. Н., Шаляпич В. К. Общая характеристика гидролого-гидрометеорологического режима и его влияние на формирование донных ландшафтов бухты Ласпи (ЮБК) // Тез. докл. Всесоюз. конф. «Методология экологического нормирования». — Харьков, 1990. — Ч. 1. С. 138—139.
20. Петухов Ю. М., Шаловенков Н. Н., Ревков Н. К., Петров А. Н. Пространственное распределение макрозообентоса в Черноморской бухте Ласпи. — Москва. — 17 с. — Деп. в ВИНТИ 15.11.90, № 5764—В90.
21. Повчин А. С. Структура донных сообществ Каркинитского залива Черного моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1986. — 18 с.
22. Сочава В. Б. Учение о геосистемах // Новосибирск: Наука, 1978. — 320 с.
23. Bearlands G. E. In situ contaminants and environmental assessment an ecological summary // Hydrobiologia. — 1987. — 149, N 1. — P. 113—118.
24. Schaeffer D. J., Herricks E. E., Kerster H. W. Ecosystem health: 1. Measuring ecosystem health // Environment Management. — 1988. — 12, N 4. — С. 455—465.

Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского
АН Украины, Севастополь

Получено
08.02.91

V. E. ZAIKA

CERTAIN ASPECTS OF ECOLOGICAL PREDICTION AS APPLIED TO THE SEA RESOURCES

Summary

Contradictions between the aspiration of ecologists to comprehensive study of ecosystems and utilitarian approaches to nature of practitioners and managers make researchers to search for compromises. It is useful to discuss problems in terms of resources. It is important to estimate the state of living resources by organism, population and biocenotic characteristics. Methods used for ecosystems of the Black Sea shelf are exemplified. Monitoring of the ecosystem state provides for a possibility of predictions. Ecological prediction should be a component of the system one which necessarily includes socio-economical blocks. The methods of analogies, expert estimates, simulation contribute much to ecologo-economical prediction. Complex prediction should be made stage by stage because of the hierarchic character of the considered systems. Development of the prediction theory necessitates a social order.