

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И  
БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

**Рец. на кн.: «Динамика биологического разнообразия и биоресурсов континентальных водоемов» / Под ред. А. Ф. Алимova, С. М. Голубкова. — СПб.: Наука, 2012. — 369 с.**

Книга в определенной мере представляет собой продолжение серии коллективных монографий, подготовленных учеными лаборатории пресноводной и экспериментальной гидробиологии Зоологического института РАН. Основные из этих работ: «Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий» (1997 г.), «Закономерности гидробиологического режима водоемов разного типа» (2004 г.), «Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах» (2004 г.), «Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы» (2008 г.). Таким образом, можно говорить о целостной современной концепции гидробиологических исследований, сформировавшейся на основе богатейшего материала, полученного при изучении водоемов различного типа.

В главе 1 рецензируемого труда рассмотрено влияние естественных факторов на биологическое разнообразие и биоресурсы водоемов. Показано, что они зависят от многих причин, среди которых можно выделить ключевые: площадь водоема, количество биогенных (в первую очередь фосфора) и органических веществ, поступающих в водоем, световые условия (подводная освещенность), длительность вегетационного сезона, обусловленная географической широтой. Морфология котловины озер оказывает существенное влияние на видовое богатство зообентоса и его роль в формировании биологической продуктивности экосистемы водоема. Обобщение большого массива данных показало, что в среднем наибольшее количество видов фитопланктона, зоопланктона, зообентоса и рыб отмечено в озерах с отношением средней к максимальной глубине около 0,4. Знание количественных связей между ключевыми биотическими и абиотическими компонентами экосистемы, которое обобщено в форме масс-балансовой модели, позволяет прогнозировать биологическую продуктивность экосистем водоемов при изменяющихся внешних условиях.

Важнейшим фактором является минерализация воды. Как показали исследования на эстуарии р. Невы и других эстуариях Балтийского моря, а также на соленых озерах Крымского полуострова, биологическое разнообразие, структура трофических цепей, продуктивность водных биоценозов закономерно изменяется вдоль градиента солености воды. В эстуариях рек значительную роль играет зона геохимических барьеров, где происходит смешение пресных речных и соленых морских вод. В этой области в резуль-

тате интенсивных физических, химических и биологических процессов происходит трансформация веществ, поступающих с речными водами, и формируются биологически активные зоны, обладающие высокой продуктивностью. Показано, что зоопланктон эстуариев Балтийского моря отличается большим видовым богатством, что противоречит широко распространенному мнению о том, что солоноватые воды в целом имеют небогатую фауну.

Изменение солености воды может приводить к кардинальным перестройкам структуры трофических связей и продуктивности экосистемы озер. Как показано на примере гипергалинных озер Крыма, в различных диапазонах солености воды формируются разные гидробиологические режимы, в экосистемах которых преобладают либо планктонные, либо донные продуценты. Увеличение солености воды, как правило, приводит к уменьшению видового разнообразия гидробионтов, в первую очередь консументов. Эти перестройки в экосистемах гипергалинных водоемов сопровождаются уменьшением количества звеньев в пищевых цепях и приводят к постепенному исчезновению верхних уровней в их трофической пирамиде.

К важнейшей группе факторов, влияющих на многолетнюю динамику биологического разнообразия и продуктивности водоемов, относятся климатические. Исследования гипергалинных озер Крыма также показали, что их экосистемы обладают слабой устойчивостью к воздействию внешних факторов. Изменение солености воды из-за климатических флуктуаций становится фактором, определяющим формирование определенного гидробиологического режима, динамику биологического разнообразия, структуру пищевых цепей и поток энергии через экосистемы гипергалинных озер и лагун. Соленые мелководные водоемы могут рассматриваться как один из наиболее неустойчивых перед климатическими изменениями типов экосистем.

Пресноводные экосистемы также чувствительны к изменению климата. На примере экосистем оз. Кривого и других озер Карелии и Ленинградской обл. показано, колебания климатических условий, которые могут быть установлены на основании соотношений атмосферных показателей (индексы *NAO* — North Atlantic Oscillation и *AO* — Atlantic Oscillation). При положительных значениях обоих индексов преобладают западные ветры, несущие теплый и влажный атлантический воздух. На основании данных по многолетней динамике сообществ донных животных на северо-западе России можно выделить, по меньшей мере, два типа водоемов, противоположным образом реагирующих на изменения климатических факторов. Это светлые олигогумозные неокрашенные «*NAO*-положительные» озера, характеризующиеся общим увеличением уровня биологической продуктивности при повышении *NAO*, и гумифицированные «*NAO*-отрицательные», в которых наблюдается снижение продуктивности сообществ донных животных при повышении этого индекса.

Глава 2 посвящена влиянию антропогенных факторов среды на биоразнообразие и биоресурсы водоемов. На примере эстуария р. Невы рассмотрено влияние эвтрофирования и загрязнения водоемов. Эвтрофирование

его вод приводит к массовому развитию токсичных видов цианобактерий, и зеленых нитчатых водорослей в прибрежье эстуария. Продолжающееся эвтрофирование и загрязнение вод отрицательно влияет на сообщества донных животных. В настоящее время в сообществах зообентоса эстуария доминируют эврибионтные виды-индикаторы, характерные для загрязненных и грязных водоемов. В экосистеме эстуария вселение чужеродных видов значительно изменило конфигурацию планктонных и бентосных пищевых цепей и существенно понизило его рыбопродуктивность. После случаев гипоксии возрождение бентоса в глубоководной части эстуария идет почти исключительно за счет чужеродных видов кольчатых червей, прежде всего р. *Marenzelleria*.

В книге делается вывод, что одним из наиболее значимых факторов, влияющих на биологическое разнообразие и биоресурсы водоемов, в современный период является широкое распространение в них чужеродных видов. Благодаря инвазионным коридорам это явление приобретает межконтинентальный характер, что можно рассматривать как новый этап в формировании биологического разнообразия внутренних вод. Большое значение для вселения чужеродных видов и натурализации их в водоемах-реципиентах имеет состояние их экосистем. Исследования эстуария р. Невы показали, что к важным факторам, способствующим натурализации инвазивных видов, относится широкое распространение в последнее десятилетие придонной гипоксии. Вселение чужеродных видов может иметь существенные последствия для биологического разнообразия и продуктивности водных экосистем. С другой стороны, исследование ряда водоемов северо-запада России показало, что, несмотря на замещение чужеродными ракообразными некоторых местных видов, интродукции ракообразных имели позитивные последствия, такие как пополнение пищевых ресурсов для рыб и увеличение продуктивности водных экосистем.

Вопросы разработки методов оценки состояния экосистем рассмотрены в главе 3. При этом важнейшим и наиболее наглядным показателем степени деградации биоресурсов и биоразнообразия является степень произошедших изменений по сравнению с периодом относительного благополучия, до начала интенсивного антропогенного воздействия. Такой подход основан на принципах Водной рамочной директивы Европейского Союза. Поскольку на формирование видового состава экосистем воздействует целый комплекс абиотических и биотических факторов, при оценке экологического состояния биоты водоемов целесообразно применять современные статистические методы, такие как кластерный, регрессионный и двухфакторный дисперсионный анализ. Необходимость применения этих методов показана на примере анализа реакции видового богатства пелагического зоопланктона на такие характеристики пресноводных водоемов, как площадь поверхности, активная реакция воды и её общая минерализация.

В главе 3 также показано, что для оценки состояния биологического разнообразия и качества воды в водоемах успешно применяются индексы, основанные на характеристиках сообществ фито-, зоопланктона и зообентоса. Рассчитанные средние для отдельных классов вод значения видового разнообразия, численности, биомассы макрозообентоса и разработанного

интегрального показателя (индекса)  $IP^i$  в реках северо-запада России с высокой степенью достоверности связаны с гидрохимическими характеристиками воды.

В главе 4 показано, что при исследовании водных экосистем необходимо учитывать их кратковременную и долговременную многолетнюю динамику. В ряде случаев изменение биологического разнообразия экологических систем водоемов в результате воздействия естественных и антропогенных фактором может иметь катастрофические последствия для их биологических ресурсов. Например, исследования экосистемы восточной части Финского залива показали, что её трофодинамика в последнее десятилетие претерпела значительные изменения, приведшие к уменьшению передачи энергии по пищевым цепям в экосистеме и многократному уменьшению продуктивности популяций рыб и местной популяции тюленей.

Изменение структуры системы, связанное, например, с исчезновением отдельных видов или появлением новых видов, изменением трофических связей приводит к трансформации функциональных характеристик системы. К вопросу о взаимосвязи разнообразия и продуктивности авторы данной монографии обращались неоднократно. Было показано, что получение высокой продуктивности сообществ возможно лишь при упрощении их структуры, т. е. снижении разнообразия. В данной работе обсуждается применение этого принципа, который дает возможность разработки способов расчета ожидаемых усилий при необходимости перевода системы в новое состояние. Например, получение определенного эффекта от увеличения продуктивности за счет удобрения водоемов или удаления из них сорных рыб и заселения их ценными видами рыб, при развитии прудового рыбоводства, аквакультуры и т. п.

Через всю работу проходит важная мысль о необходимости дальнейшей разработки теории функционирования экологических систем, которая бы объединяла знания о закономерностях формирования структуры и продуктивности водных биоценозов. Каждый раздел книги, и весь труд в целом, является определенным вкладом в осуществление этой идеи.

В книге можно найти много совершенно новых подходов к количественным исследованиям структуры и функционирования водных экосистем. Важно отметить одно замечание, сделанное А. Ф. Алимовым в разделе 4.2, касающееся многолетней динамики показателей биологического разнообразия: «В гидробиологической литературе имеется значительное количество данных многолетних исследований, но они в большинстве случаев отрывочны и не могут быть подвергнуты аналитическому анализу, оставаясь количественными лишь потому, что выражены цифрами» (с. 273). Автор приводит в данном разделе анализ многолетних данных по изменению показателей разнообразия бентосных сообществ, впервые показав динамику формирования сложного сообщества, и определив скорость этого процесса. На примере водоемов северо-запада России показано, что в условиях умеренного климата и в отсутствие их сильного загрязнения или эвтрофирования для формирования достаточно сложной структуры сообществ бентосных жи-

## **Критика и библиографическая информация**

---

вотных (значения показателя разнообразия 3—4 бит/экз.) требуется около 12—14 лет.

В качестве не столько замечания, сколько пожелания для дальнейших исследований, следует отметить недостаточную унификацию терминологического аппарата, связанного с исследованиями разнообразия. Авторам во вводных разделах следовало бы дать определение и краткое описание основных понятий и терминов, используемых в работе.

В целом, книга представляет собой важный этап развития исследований известного коллектива ученых. Установленные закономерности имеют не частное, региональное, а общегидробиологическое значение.

*А. А. Протасов*

Поступила 11.03.13