

МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ИНТРОДУКЦИИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В ОЗЕРНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Е. А. Криксунов¹, В. А. Бурменский¹, А. Е. Бобырев², В. И. Разлуцкий³

INVESTIGATIONS OF THE PROCESSES OF ALIEN SPECIES INTRADUCTION IN LAKE ECOSYSTEMS BY MATHEMATICAL MODELLING

Е. А. Kriksunov¹, V. A. Burmensky¹, A. E. Bobyrev², V. I. Raslutsky³

¹МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия, kriksunov@mail.ru

²ИПЭЭ РАН, Москва, Россия, abobyrev@mail.ru

³Институт зоологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь, vladi@biobel.bas-net.by

Средствами математического моделирования исследованы процессы проникновения в озерные экосистемы чужеродных видов гидробионтов. Объектами исследования послужили экосистемы Нарочанских озер (Беларусь) и оз. Сямозеро (Россия, Карелия). В качестве инструмента исследования использованы балансовая трофическая модель Ecospath/Ecosim [1], трофодинамическая модель озерного сообщества Лотки-Вольтерра [2], а также модель популяционной системы типа «хищник – жертва», учитывающая пространственную неоднородность среды обитания гидробионтов [3].

Результаты моделирования экосистемы Нарочанских озер свидетельствуют о том, что в сообществе оз. Нарочь «избыточный» ресурс, не полностью утилизируемый внутри системы и доступный, таким образом, для потенциального вселенца, формируется лишь группами первичных продуцентов и хищных коловраток. В озерах Баторино и Мястро, напротив, продукция практически всех трофических групп недоиспользуется. Полученные данные позволяют определить некоторые свойства потенциальных интродуцентов, имеющих наибольшую вероятность закрепления в составе сообществ. К этим свойствам относятся спектр питания, определяемый составом групп организмов, вносящих наибольший вклад в формирование «свободного» ресурса, и номер занимаемого вселенцем трофического уровня. На примере оз. Мястро проиллюстрированы последствия проникновения в водоем гипотетического хищного зоопланктона с широким спектром питания.

Исследование балансовой модели сообщества Сямозера приводит к выводу о том, что массовое развитие в водоеме вида-вселенца (корюшки), молодь которого питается планктоном, не привело к усилению конкурентных отношений между рыбами-планктофагами. Динамическая версия модели, параметризация которой осуществлена на основе характеристик, установленных в ходе балансовых расчетов, показывает, что основной причиной успешной акклиматизации корюшки в водоеме явилось возрастание величины первичной продукции вследствие эвтрофикации озера.

Моделирование инвазийного процесса с учетом пространственной неоднородности среды осуществлено на примере оз. Сямозеро. Модель воспроизводит межгодовые изменения численности 3 видов рыб: жертвы, хищника и вселенца, представляющего собой промежуточного хищника. Параметры модели определены по результатам анализа популяционных показателей ряпушки, судака и корюшки оз. Сямозеро. Показано, что при определенных значениях начальной численности вида-вселенца система переходит в хаотический динамический режим, что существенно ограничивает возможности прогнозирования дальнейшего развития инвазийного процесса. Кроме того, успешность инвазии промежуточного хищника сложным образом зависит от частоты и фазы колебаний численности исходных видов.

1. Walters C. J., Christensen V., Pauly D. Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments // *Rev. Fish Biol. Fish.* 1997. 7: P. 139–172.

2. Бобырев А. Е., Криксунов Е. А., Куга Т. И. Оптимизация многовидового рыбного промысла на основе трофодинамической модели продукционных процессов // *Вопр. ихтиологии.* 2005. Т. 45. № 6. С. 1–7.

3. Медвинский А. Б., Криксунов Е. А., Бобырев А. Е. и др. Концептуальная модель динамики озерного сообщества оз. Сямозеро // *Биофизика.* 2006. Т. 51. Вып. 2. С. 358–366.

КЛАССИЧЕСКИЕ ТИПЫ ОЗЕР С ПОЗИЦИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СУКЦЕССИИ **М. А. Кузнецова, Н. Г. Баянов, Т. В. Лаврова**

CLASSICAL LAKE TYPES FROM THE POINT OF SUCCESSION CONCEPT **М. А. Kuznetsova, N. G. Baianov, T. V. Lavrova**

*Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,
Нижегородская лаборатория ГосНИОРХ, Нижний Новгород, Россия, tlav@mail.ru*

1. Выделенные классиками региональной лимнологии А. Тинеманом и Е. Науманом олиготрофный и эвтрофный, а позднее дистрофный типы озер рассматривались ими как дискретные.

2. По данным палеолимологов на территории Европейской равнины в начальный период формирования озер в плейстоцене сформировался олиготрофный тип, соответствующий лесотундровым ассоциациям в условиях холодного субарктического климата. Дальнейшее потепление климата и становление зоны смешанных и широколиственных лесов (поздний голоцен) привели к появлению эвтрофного типа.

3. Интенсивное антропогенное воздействие, которое испытывали озера в XX веке, инициировало искусственную эвтрофикацию; следствием этого стало дальнейшее повышение трофического статуса водоемов, вплоть до формирования гиперэвтрофных озер.

4. Если учесть, что водоемы на этом этапе принадлежали к разным типам и подвергались воздействию в самой разной степени, они демонстрировали фактически шкалу трофности, которая не замедлила появиться; при этом использовался целый набор показателей и среди них: годовая валовая продукция фитопланктона, биомасса фитопланктона за вегетационный сезон, содержание хлорофилла *a* за вегетационный сезон, численность, а также биомасса зоопланктона за вегетационный сезон и летний период.

5. Несмотря на сложность самого явления сукцессии и неоднозначность толкования его, можно, сославшись на ряд авторитетов, трактовать его как процесс необратимых изменений, сопровождающий развитие экосистемы в случае автогенной сукцессии.

6. Четкие тенденции изменений энергетики сообщества, его структуры, жизненных циклов, слагающих сообщество видов, круговорота биогенных элементов, гомеостатических механизмов в ходе автогенной сукцессии [1] оказываются прямо противоположными тем, которые регистрируются в процессе эвтрофирования [2]. Это означает, что искусственная эвтрофикация возвращает сообщество на более ранние стадии сукцессии [3] и вероятность того, что современный водоем может быть климаксовой системой, чрезвычайно мала.

7. Исходя из понятия климакса как некоторого устойчивого состояния, приуроченного к каждой природной зоне, олиготрофный, эвтрофный и дистрофный типы являются климаксами. Согласно гипотезе поликлимакса к таковым принадлежит и морфометрически-олиготрофный (вторично-олиготрофный) тип. В этом случае речь идет об эдафическом климаксе.

8. В итоге концепция сукцессии позволяет вернуться к классическим типам озер как к дискретным единицам.