

УДК 632:577.4:50

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КАТАСТРОФИЧЕСКОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВА В ПРОЦЕССЕ СИНАНТРОПИЗАЦИИ

Черкашин А.К.

(Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, г. Иркутск)

Катастрофа – существенное изменение направления развития ситуации, обычно связанное с вторжением инородной субстанции как выражение явной или проявление скрытой угрозы. Либо сам факт вторжения изменяет условия существования, либо происходит в ранее измененных условиях, благоприятных для реализации катастрофического процесса. Так, потепление климата определяет продвижение вверх по склону границы леса в горах, а его иссушение приводит к опустыниванию степных территорий.

Явление синантропии часто рассматривается как закономерный процесс освоения синантропными животными экологических ниш, трансформированных или созданных человеком в зоне своего проживания и хозяйственной деятельности на месте естественных, природных ресурсных ниш, в которых существовали аборигенные виды и их сообщества. Предполагается, что антропогенные условия для коренных особей являются пессимальными, вследствие чего они становятся менее конкурентоспособными по разным параметрам по сравнению с новыми организмами, для которых видоизмененная среда является благоприятной. В итоге антропогенизация и синантропизация приводит к перестройке структуры сообщества растений и животных, закономерности которой необходимо выяснить.

Позиция i -го вида в сообществе j описывается двумя способами: частотным $P_i(y_j)$ и ранговым $R_j(x_i)$ распределениями, где $P_i(y_j)$ и $R_j(x_i)$ соответствуют экологической позиции (потенциалу) вида в сообществе, например его численности или биомассе, x_i – ранговой позиции i -го вида в сообществе (в порядке убывания R_j), y_j – комплексной характеристике среды сообщества, определяющей величину биологического потенциала, в частности, продуктивности, P_i . Величина y_j складывается из частных факторов $z = \{z_k\}$:

$$\ln \frac{y_j}{y_{0i}} = \sum_k \alpha_{jk} \ln \frac{z_k}{z_{0k}}, \sum_j \alpha_k = 1, \text{ где } \alpha_{0k} - \text{экологический вес } k\text{-го фактора в конкретной}$$

ситуации; z_{0k} – единица измерения фактора z_k ; y_{0i} – минимальная потребность вида в ресурсах среды. Все показатели имеют факторную, видовую и ценотическую специфику.

Зависимость $R_j(x_i)$ описывается часто экспоненциальным уравнением Мотомуры: $R_j(x_i) = R_{0j} \exp(-\beta_j x_i)$ (1). При перестройке сообщества меняется не только положение x_i вида в ранжированном ряду, но и коэффициенты R_{0j}, β_j , которые, как правило, зависимы ($\ln R_{0j} = x_0 \beta_j + b$), т.е. $R_j(x_i) = \exp(b) \exp(-\beta_j(x_i - x_0))$ (2).

Функция $P_i(y_j)$ соответствует уравнению (Черкашин, 2005):

$$\ln P_i(y_j) - \ln P_{0j} = A_{ij} \exp[a_j (\ln y_j - \ln y_{0i})] (\ln y_j - \ln y_{0i}), \quad (3)$$

где $A_{ij} > 0$, $a_j < 0$ – параметры сообщества. Кривая (3) вырисовывается концом вектора $(\ln P_i(y_j), \ln y_j)$, начало которого находится в нижней критической точке $(\ln P_{0j}, \ln y_{0i})$, а направление задается параметром $X_{ij} = A_{ij} \exp[a_j (\ln y_j - \ln y_{0i})]$. Кривая $P_i(y_j)$ при определенном соотношении коэффициентов имеет колоколообразную форму типа кривых толерантности Шелфорда и является моделью экологической ниши – реакции организма на величину комплексного фактора y_j . При малых и больших значениях факторного влияния y_j величина $P_i(y_j)$ стремится к 0, но согласно (3) возможна повышенная реакция на малые дозы.

Функция $P_i(y_j)$ достигает максимального значения $P_{mi} = P_{0j} \exp\left(-\frac{A_{ij}}{a_j e}\right)$ при

$\ln y_j - \ln y_{0i} = -1/a_j$. Положение максимума $\ln y_j = \ln y_{mj} = -1/a_j + \ln y_{0i}$ индивидуально для вида и сообщества (оптимум реализованной ниши). Поскольку $y_{mj}/y_{0i} = \exp(-1/a_j)$, то величина y_{mj} возрастает пропорционально y_{0i} , т.е. ширина диапазона толерантности $y_{mj} - y_{0i}$ также увеличивается. Считается, что синантропные виды обладают широкой экологической пластичностью, имеют значительный диапазон толерантности, что обеспечивает возникновение у них эффективной адаптации к изменяющимся городским условиям. Это значит, что такие виды имеют высокие значения y_{mj} и y_{0i} , а с другой стороны, следует считать, что антропогенные условия обеспечивают факторное воздействие более высокое, чем в природных условиях.

Для двух аборигенного ($i=1$) и адвентивного ($i=2$) видов связь продуктивности в оптимуме $P_{m1}/P_{m2} = \exp(-(A_{1j} - A_{2j})/(a_j e))$ определяется различием величины A_{ij} . Полное сравнение кривых толерантности видов возможно при совмещении координат оптимумов $\ln y_{m2j} = \ln y_{m1j} + \Delta_{12} = \ln K_{12} y_{m1j}$. Коэффициент K_{12} соответствует степени трансформации среды $y_{2j} \leftrightarrow y_{1j}$. С учетом этих видоизменений структура экологических ниш видов

оказывается сопоставимой $P_2(K_{12}y_j) = P_{0j} \left(\frac{P_1(y_j)}{P_{0j}} \right)^{\frac{A_{2j}}{A_{1j}}}$, т.е. в разной среде позиции видов различаются в зависимости от соотношения значений оптимумов A_{ij} .

Сравнивая $P_i(y_j)$ и $R_j(x_i)$ согласно (1) и (3) можно рассчитать ранговую позицию каждого вида x_i как функцию влияния факторов среды y_j :

$$x_i = -\frac{A_{ij}}{\beta_j} \exp[a_j(\ln y_j - \ln y_{0i})] (\ln y_j - \ln y_{0i}) - \frac{1}{\beta_j} \ln \frac{P_{0j}}{R_{0j}}. \quad (4)$$

Зависимость (4) качественно совпадает с (3), поскольку имеет то же положение экстремума (минимума), которое равно $x_i = \frac{A_{ij}}{a_j \beta_j e} - \frac{1}{\beta_j} \ln \frac{P_{0j}}{R_{0j}}$ - это наилучшая позиции вида

в сообществе из возможных.

Соотношение (4) дает возможность сравнить позиции разных видов:

$$x_2 = \frac{A_{2j}}{A_{1j}} \left(\frac{y_{m2j}}{y_{m1j}} \right)^{-a_j} \left(x_1 + \frac{1}{\beta_j} \ln \frac{P_{0j}}{R_{0j}} \right) \left[\frac{\ln y_j - \ln y_{02}}{\ln y_j - \ln y_{01}} \right] - \frac{1}{\beta_j} \ln \frac{P_{0j}}{R_{0j}},$$

$$\frac{\partial x_2}{\partial x_1} = \frac{A_{2j}}{A_{1j}} \left(\frac{y_{m2j}}{y_{m1j}} \right)^{-a_j} \left[\frac{\ln y_j - \ln y_{02}}{\ln y_j - \ln y_{01}} \right].$$

В области оптимального существования ($y_j > y_{02} > y_{01}$) связь x_1 и x_2 линейная и отрицательная, т.е. виды конкурируют, причем влияние позиции одного вида в биоценозе на позицию другого определяются соотношением их потенциалов роста $A_{ij}y_{mij}$ и значениями, указывающими насколько текущая величина комплексного фактора отклонилось от критической (пессимальной) величины: $\ln y_j - \ln y_{0i}$. На интервале значений (y_{01}, y_{02}) связь x_1 и x_2 будет положительная, и виды могут существовать в режиме взаимопомощи. Эта зона исключения конкурентных отношений находится на нижнем пределе оптимального существования вида.

При увеличении факторного влияния y_j функция, стоящая в квадратных скобках, возрастает и стремится к 1, т.е. при избыточном, как и при недостаточном, воздействии факторов всегда существуют конкурентные отношения (отрицательные связи). Если характеристики экологических ниш видов совпадают ($y_{02} = y_{01}$), обязательно имеет место конкуренция. Очевидно, побеждает тот вид, у которого больше потенциал $A_{ij}y_{mij}$.

Если один из видов находится в зоне оптимума $\ln y_{m1j} = -1/a_j + \ln y_{01}$, то связь x_1 и x_2 определяется только значением $\ln y_{m1j} - \ln y_{02}$ и знак связи зависит от знака этой разности: при $\ln y_{m1j} < \ln y_{02}$ связь будет положительной. Поскольку для синантропных видов величина

y_{02} может быть достаточно большой, то не исключается вариант их положительно влияния на популяции аборигенных организмов. Такие виды адаптированы к высоким факторным воздействиям антропогенных ландшафтов, удовлетворяющих их жизненные потребности. Снижение влияния ниже критического y_{mj} приводит к возникновению конкуренции и быстрому разрушению их популяций.

Проблемы конкурентных отношений рассмотрены на примере катастрофических изменений таежных и центрально-азиатских степных геосистем.

Таким образом, с позиций факториальной экологии антропогенное воздействие определяет избыточное факторное влияние на организмы и сообщества. В этих условиях аборигенные виды заметно снижают свой жизненный потенциал и позиции в структуре сообщества. Городские ландшафты приводят к увеличению факторного влияния. Синантропные виды имеют высокие значения нижних порогов реакции и существования, а следовательно, широкие амплитуды пластичности. Комплексные факторы антропогенного влияния характеризуются более высокими значениями, чем естественные воздействия, поэтому в условиях нарушенности сообщества подвергаются более существенным факторным воздействиям, чем в норме.

Стратегия восстановительной динамики сообществ заключается в том, чтобы минимизировать комплексное влияние факторов за счет перераспределения веса факторов. Создание экологических пологов, в структуре которых существенное значение имеют синантропные виды, например, из мелколиственных деревьев на первых стадиях восстановления лесов, создают условия для воссоздания естественных структур и функций.

Явление синантропии по существу своих проблем и полученным результатам занимает важное место в естествознании, позволяя наглядно и глубоко понять механизмы экологического регулирования в экстремальных условиях.

Черкашин А.К. Полисистемное моделирование. – Новосибирск: Наука, 2005. - 280 с.