

Принципы и способы сохранения биоразнообразия

Материалы
IV Всероссийской конференции
с международным участием
22-26 сентября 2010 года



ББК 28.0:20.1
УДК 57:502.172
П 75

Ответственный редактор

Л.А. Жукова, д-р биол. наук, профессор МарГУ, заслуженный деятель науки РФ

Редакционная коллегия:

Л.М. Абрамова, д-р биол. наук; *И.М. Божьеволина*, канд. пед. наук; *О.П. Ведерникова*, канд. биол. наук; *О.Л. Воскресенская*, д-р биол. наук; *Ю.А. Дорогова*, канд. биол. наук; *Л.Н. Дорохина*, канд. биол. наук; *В.А. Забиякин*, д-р биол. наук; *Р.М. Зелеев*, канд. биол. наук; *А.С. Комаров*, д-р биол. наук; *Г.О. Османова*, д-р биол. наук; *Т.В. Рогова*, д-р биол. наук; *Н.П. Савиных*, д-р биол. наук; *О.В. Смирнова*, д-р биол. наук

Рецензенты: *В.И. Пчелин*, д-р с.-х. наук, профессор;
О.А. Макарова, канд. биол. наук, доцент

*Печатается при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 10-04-06105),
Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН,
Марийского государственного университета*

П 75 **Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием / Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2010. – 462 с.**

ISBN 978-5-94808-591-3

В материалах IV Всероссийской научной конференции с международным участием «Принципы и способы сохранения биоразнообразия» представлено свыше 200 докладов, посвященных проблемам биоразнообразия на организменном, популяционном и биоценоотическом уровнях. Подробно рассмотрены разнообразие жизненных форм, таксономическое, экологическое и структурное биоразнообразие популяций и сообществ на особо охраняемых и нарушенных территориях, механизмы адаптации организмов к различным экологическим факторам. Показаны воздействие абиотических и биотических компонентов биогеоценозов, современные подходы к моделированию динамики биоразнообразия, приведена методология исследований экосистем с позиций популяционной парадигмы. Особое внимание уделено проблеме формирования экологического мировоззрения студентов и школьников лучшими преподавателями школ и вузов РФ.

Для экологов, биологов, специалистов в области охраны природы и рационального природопользования, а также преподавателей и студентов биологических, экологических, лесохозяйственных специальностей вузов, учителей и школьников.

ББК 28.0:20.1
УДК 57:502.172

ISBN 978-5-94808-591-3

© ГОУВПО «Марийский государственный университет», 2010
© ЦЭПЛ РАН, 2010

принадлежностью к уровню жизнениости; 2) учитывает различную жизненную потенцию особей к расселению и размножению с учётом их синонтогенеза; 3) содержит вероятностный характер процесса захвата и удержания территории в соответствии с состоянием жизнениости особи (Гиссовский, 2009).

Литература

Гиссовський В.Б. Дослідження динаміки розвитку експлерентів по елементах віталітетного спектру методами імітаційного моделювання // Ресурси природних вод Карпатського регіону. Збірник. – Львів, 2009. – С. 202–206. Жилев Г.Г. Жизнеспособность популяций растений / НАН Украина, Институт екології Карпат. – Львів, 2005. – 450 с. Мальцев А.И. Алгебраические системы. – М.: Наука, 1970. – 392 с. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям – философия, психология, информатика. Едиториал УРСС. – М., 2002. – 351 с. Cetnarowicz K., Nawarecki E., Zabinska M. Agent Architecture and its Application to the Agent Oriented Technology. Proc. of the DAIMAS'97. International workshop Disributed Artificial Intelligence and Multi-Agent Systems. – St. Petersburg, Russia, 1997.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУКЦЕССИОННОЙ ДИНАМИКИ В ЦЕЛЯХ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ И ОПТИМИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ

Иванова Н.С.¹, Быстрой Г.П.², Охотников С.А.², Ермакова М.В.¹

¹Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург, *i.n.s@bk.ru*

²Уральский государственный университет им. А.М. Горького, г. Екатеринбург, *Gennadyi.Bystrai@usu.ru*

С точки зрения концепции устойчивого развития регионов сохранение биоразнообразия – одна из основных задач, в рамках которой устойчивое лесопользование занимает центральное положение. Остро актуальна разработка критериев и индикаторов устойчивого управления лесами. В связи со сложностью лесных экосистем, длительностью, поливариантностью и нелинейностью протекающих в них динамических процессов особое значение приобретает математическое моделирование – мощный инструмент анализа поведения сложных самоорганизующихся систем.

Целью наших исследований является построение в рамках теории катастроф количественной, учитывающей региональные и экотопические особенности лесообразовательного процесса, математической модели формирования лесной растительности на сплошных вырубках в зависимости от двух управляющих параметров: интенсивности развития травяно-кустарничкового яруса и лесорастительных условий (мощности почв), выявление взаимоотношений наиболее распространенных на Урале и в Зауралье древесных видов – березы (*Betula pendula* Roth, *B. pubescens* Ehrh.) и сосны (*Pinus sylvestris* L.) – в процессе формирования на вырубках нового древостоя.

Исследования проводились в южно-таежном округе Зауральской холмисто-предгорной провинции (Колесников, 1974) между 57°00'–57°05' с.ш. и 60°15'–60°25' в.д. Изучена восстановительно-возрастная динамика от сплошных вырубок (4–5-лет) до древостоев 50–55-летнего возраста. В качестве интегральной характеристики фитоценотической роли растений использована фитомасса в абсолютно-сухом состоянии. Масса лесообразующих древесных видов определена расчетным путем (Изюмский, 1972; Усольцев, 1997). Для определения массы травяно-кустарничкового яруса были взяты укосы с площадок 1×1 м.

Нами предлагается следующая модель формирования древесного яруса на сплошных вырубках в зависимости от двух управляющих параметров (Быстрой, Иванова, 2010): структура T (безразмерная характеристика равномерно распределенного травянистого яруса), объединяясь с двумя величинами p (характеристика, описывающая древесную растительность (сосна + береза)) приводит к образованию трех величин p . В тоже время величины p и T влияют на почвообразовательный процесс H . В свою очередь, H влияет на формирование древесного (p) и травянистого ярусов (T). Данные процессы протекают как в прямом, так и в обратном направлениях. Это формализуется следующей схемой протекания процессов:

$$T + 2\rho \leftrightarrow 3\rho(k_2, k_3)$$

$$\rho \leftrightarrow H(k_1, k_4)$$

$$T \leftrightarrow H.$$

В скобках – константы скоростей прямых и обратных процессов. Из этого следует дифференциальное уравнение (Николис, Пригожин, 1973):

$$\frac{d\rho}{dt} = -|k_1|\rho + |k_2|T\rho^2 - |k_3|\rho^3 + |k_4|H, \quad (1)$$

где k_i – некоторые другие параметры экосистемы, которые следует определить.

Управляющий параметр H – характеристика богатства лесорастительных условий (мощность почвы, см). Управляющий параметр T – безразмерная характеристика интенсивности развития травянистого яруса: $T = (p_0 - p_m)/p_0$; p_m – масса трав (чем больше масса трав, тем меньше T); $p_0 = (p_s + p_e)/2$ – среднее значение плотности сосны и березы; p_s, p_e – плотность сосны и березы соответственно.

Предлагаемая модель описывает угнетение формирующейся древесной растительности травянистым ярусом и влияние лесорастительных условий на темпы роста древесных растений и справедлива только при достаточном обсеменении вырубок. Чем меньше T , тем сильнее древесная растительность угнетается травами. Влияние управляющих параметров на направление восстановительных смен подробно рассмотрено ранее (Иванова, Быстрой, 2010).

На основе полученных нами экспериментальных данных, решая обратную задачу, определили все параметры уравнения (1). В результате получены уравнения для восстановительно-возрастной динамики суммарной плотности сосны обыкновенной и березы повислой (рис. 1, а, б). На крутых склонах южной экспозиции с мелкими каменистыми почвами (условно-коренной тип леса – сосняк брусничниковый (Колесников, 1974)) восстановление идет без смены эдификатора, восстанавливаются исходные сосняки брусничниковые. В нижних частях пологих склонов с мощными (более 50 см) дренированными почвами (условно-коренной тип леса – сосняк разнотравный (Колесников, 1974)) формируются длительно-производные березняки разнотравно-вейниковые. На рассматриваемом временном интервале линии (результаты решения уравнений) достаточно хорошо соответствуют точкам (экспериментальным данным).

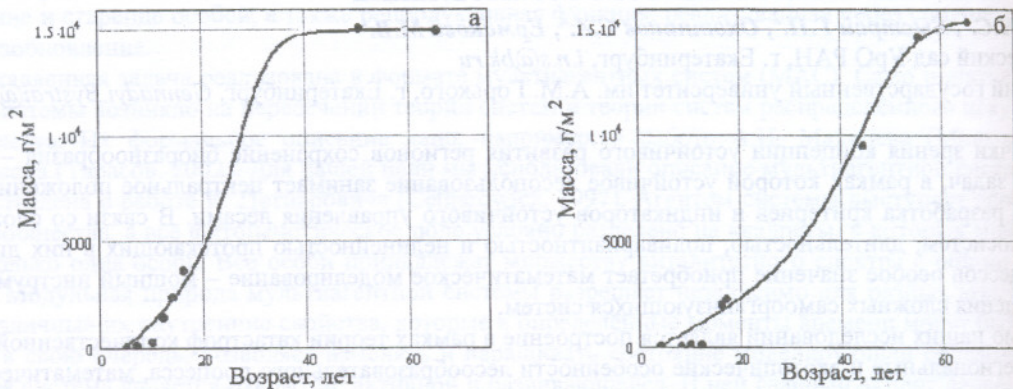


Рис. 1. Восстановительно-возрастная динамика суммарной плотности сосны обыкновенной и березы повислой (точки – экспериментальные данные, линии – результат решения уравнения (1)):

а – сосняки брусничниковые на крутых склонах южной экспозиции с мелкими каменистыми почвами ($H = 10-15$ см) (две последние точки на линии – прогноз на 9 и 15 лет); коэффициенты уравнения: $k_1 = 2,22 \times 10^{-6}$; $k_2 T = 2,06 \times 10^{-5}$; $k_3 = 1,44 \times 10^{-9}$; $k_4 H = 222,22$;
 б – березняки разнотравно-вейниковые в нижних частях пологих склонов с мощными ($H > 50$ см) дренированными почвами (две последние точки на линии – прогноз на 5 и 10 лет); коэффициенты уравнения $k_1 = 0,013$; $k_2 T = 1,36 \times 10^{-5}$; $k_3 = 1,44 \times 10^{-10}$; $k_4 H = 140$

От уравнения (1) можно перейти к уравнению (2) и далее к уравнению (3) (Гилмор, 1984; Быстрой, Пивоваров, 1989; Быстрой, Иванова, 2010):

$$\frac{d\eta}{dt} = -(\eta^3 + a^* \eta + b^*), \text{ или } \frac{d\eta}{dt} = -\frac{\partial F^*}{\partial \eta}, \quad (2)$$

$$F^*(\eta, a^*, b^*) = \frac{1}{4} \eta^4 + \frac{1}{2} a^* \eta^2 + b^* \eta, \quad \eta = \rho^* - T \rho_0^*, \quad (3)$$

где $\eta = \rho_0 / \rho_c - T \rho_0 / \rho_c$ – параметр порядка, характеризующий отклонение плотности растительности (древесной и травянистой) при фиксированной величине T , близкой к единице, от некоторого среднего значения плотности сосны и березы $\rho_0 = (\rho_s + \rho_b) / 2$; $\rho_0^* = |k_2| / 3 |k_3| \rho_c$; ρ_c – масштаб плотности; a^* , b^* – параметры: $a^* = -3(T^2 \rho_0^* - 1)$, $b^* = -H^* + 3T \rho_0^* - 2T^3 \rho_0^{*3}$. Параметр $b^* = -H^* + H_s^*$ можно представить как сумму внешнего поля H^* и собственного самосогласованного $H_s^* = 3T \rho_0^* - 2T^3 \rho_0^{*3}$. $H^* = H / H_c$, где H_c – критическая мощность почв. При $b^* = 0$, $H^* = H_s$ потенциальная функция катастрофы сборки, которая определяет энергетическую характеристику в приведенном виде, $F^* = F / F_0$.

По виду потенциальной функции определяется устойчивость состояния системы (Гилмор, 1984). Наличие локального или глобального минимума устанавливается с помощью теоремы Тома: для катастрофы сборки – ненулевыми значениями управляющего параметра b^* (при $b^* = 0$ потенциал симметричный). Для рассмотренных нами частных ситуаций b^* отличен от 0: для сосняков брусничниковых $b^* = 5,13 \times 10^6$; для производных березняков разнотравно-вейниковых $b^* = 4,12$. Разница между рассматриваемыми сосняками и березняками по параметру b^* составляет 6 порядков. Рисунок 2 наглядно показывает, что в процессе формирования лесной растительности на сплошных вырубках происходит и формирование нового устойчивого состояния: сосняков (рис. 2, а) и березняков (рис. 2, б).

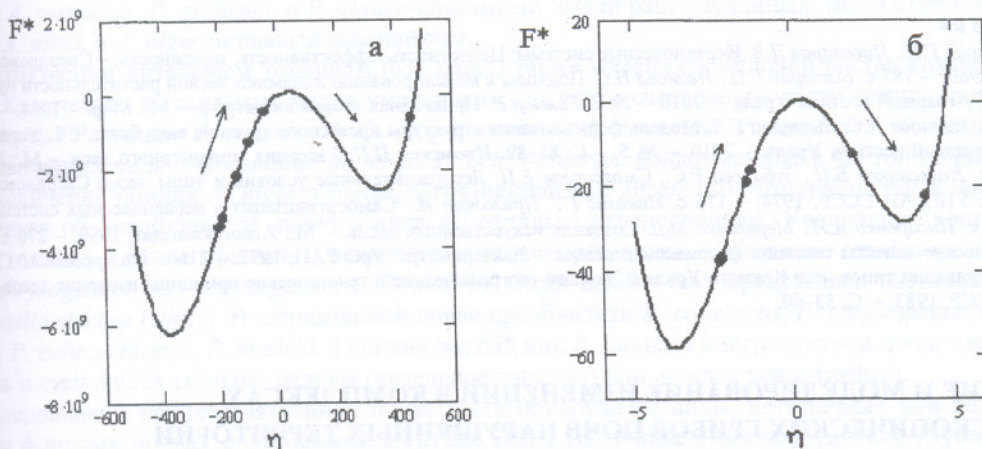


Рис. 2. Потенциальные функции (точки – экспериментальные данные, линии – результат решения уравнения (3):
 а – сосняки брусничниковые на крутых склонах южной экспозиции с мелкими каменистыми почвами ($H = 10-15$ см);
 б – березняки разнотравно-вейниковые в нижних частях пологих склонов с мощными ($H > 50$ см) дренированными почвами

Об устойчивости формирования структуры древесного яруса (соснового или березового) можно судить по удаленности системы от сепаратрисы. Сепаратриса уравнения формирующейся на вырубке лесной растительности $(a^*/3)^3 + (b^*/2)^2 = 0$ является предельной для метастабильных состояний древесного и травянистого ярусов. Для изученных нами сосняков брусничниковых $(a^*/3)^3 + (b^*/2)^2 = -7,79 \times 10^{13}$, для березняков разнотравных $(a^*/3)^3 + (b^*/2)^2 = -79,59$. Эти значения показывают достаточную удаленность от сепаратрисы и сосняков брусничниковых, и березняков разнотравно-вейниковых, следовательно, смена эдификатора маловероятна. Чем больше удаленность от сепаратрисы, тем большие внешние воздействия необходимы для изменения структуры древесного яруса. В нижних частях пологих склонов с мощными дренированными почвами происходит нежелательная смена условно-коренных сосняков разнотравных на малоценные длительно-производные березняки разнотравно-вейниковые, в которых восстановление преобладания сосны естественным путем затруднено. Для восстановления исходных сосновых лесов необходимы лесохозяйственные мероприятия.

Предлагаемый нами подход позволяет рассчитать восприимчивость для уравнения $\eta^3 + a^*\eta + H_s^* = H^*$: характеристику изменения переменной η при изменении внешнего поля H^* :

$$\chi = \frac{\partial \eta}{\partial H^*} = \frac{1}{3\eta^2 + a^*} = -\frac{1}{2a^*} = \frac{1}{6(T^2 \rho_0^2 - 1)}$$

При приближении к критической точке $a^* = b^* = \eta \rightarrow 0$, а восприимчивость стремится к бесконечности. Для рассматриваемых нами сосняков брусничниковых восприимчивость составляет 0,0000038, для березняков разнотравно-вейниковых – 0,038. Малая восприимчивость и достаточная удаленность от сепаратрисы сосняков брусничниковых свидетельствует об устойчивости естественного формирования исходных лесов. В случае березняков разнотравно-вейниковых – об устойчивости формирования малоценных производных мелколиственных лесов и о недостаточности одноразовых (таких как минерализация почвы) мер по содействию естественному возобновлению хвойных растений для формирования в нижних частях пологих склонов с мощными дренированными почвами сосновых молодняков. Необходимо создание лесных культур хвойных с последующим постоянным контролем их качества.

Таким образом, в рамках нелинейной динамики нами математически формализовано существование в пределах одного экотопа альтернативных линий сукцессионной динамики (сосняков и березняков), предложены объективные, количественные методы оценки устойчивости восстановительно-возрастных смен. Предлагаемые к использованию методы дают ключ к пониманию развития растительности региона и одновременно являются базой для сохранения исходного биоразнообразия лесной растительности, с одной стороны, и планирования в целях устойчивого лесопользования необходимых экономических затрат на восстановление лесов – с другой. Лесовосстановительные мероприятия необходимо проводить при максимально полной лесоводственно-экономической оценке, представленной совокупной нормативной базой, состоящей из показателей нормативной эффективности лесоводственного и экономического характера (Писаренко, Мерзленко, 1990).

Работа выполнена при частичной поддержке Программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (проект 09-П-4-1039), Целевой программы УрО РАН поддержки междисциплинарных проектов, выполняемых в содружестве с учеными СО и ДВО РАН в рамках интеграционного проекта 09-С-6-1001 «Диагностика состояния, моделирование тенденций и прогноз развития регионов России на период до 2030 г.», РФФИ (проект «Социально-экономические риски в саморазвитии регионов России: диагностика кризисных процессов и разработка механизмов минимизации рисков» № 10-06-00042а).

Литература

Быстрой Г.П., Пивоваров Д.В. Неравновесные системы: Целостность, эффективность, надежность. – Свердловск: Изд-во гос. ун-та, 1989. – 187 с. *Быстрая Г.П., Иванова Н.С.* Подходы к моделированию динамики лесной растительности на основе катастроф // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 2. *Гилмор Р.* Прикладная теория катастроф. – М.: Мир. – 1984. – Т. 1. Т. 2. – 285 с. *Иванова Н.С., Быстрая Г.П.* Модель формирования структуры древесного яруса на вырубках. Ч. 1. Управляющие метры // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 5. – С. 85–89. *Изюмский П.П.* Таксация тонкомерного леса. – М.: Лесн. п. 1972. – 88 с. *Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П.* Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. – 176 с. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1973. – 511 с. *Писаренко А.И., Мерзленко М.Д.* Создание искусственных лесов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 270 с. *Усольцев В.И.* Биоэкологические аспекты таксации фитомассы деревьев. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 216 с. *Фильрозе Е.М.* Схема географической классификации типов леса Южного Урала // Эколого-географические и генетические принципы изучения лесов. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. – С. 53–60.