

Вестн. Ом. ун-та. 2009. № 4. С. 74–76.

УДК 519

Н.А. Калинин, Л.А. Володченко

Омский государственный педагогический университет

А.К. Гуц

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КРИЗИСОВ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

Предлагается критерий, с помощью которого можно прогнозировать развитие экологических кризисов в эволюции лесных фитоценозов.

Ключевые слова: прогнозирование, экономический кризис, лесные фитоценозы.

Для экологов и лесоводов важно иметь количественные критерии с помощью которых, сопоставляя имеющиеся числовые показатели, можно было бы заранее сказать о наступающем экологическом кризисе, о приближающейся катастрофе того или иного леса. Наличие таких критериев позволит осуществлять устойчивое управление лесными экосистемами.

1. Экологическая оценка омских лесных ландшафтов

Одним из факторов, определяющих состояние омских лесов, является антропогенный фактор.

В области отмечен рост площадей нарушенной растительности – от 3 до 8 % площади занимают участки техногенной трансформации и загрязнения нефтью и другим минеральным сырем. Часть вырубок и гарей заболачивается, но в основном на этих участках происходит восстановление леса.

Большой вред лесным экосистемам наносит захламление лесов древесными остатками при заготовке древесины (рубка лесов) или бытовым мусором. Для предотвращения захламления надо строго контролировать исполнение правил заготовки древесины, все древесные остатки использовать для приготовления древесностружечных плит или отправлять на химическую переработку.

Большая беда для лесов – это превышение расчетной лесосеки, т. е. плана заготовки древесины в пределах годичного прироста, при котором лесу не будет нанесен существенный урон и он сможет восстановиться. В результате интенсивного ведения лесозаготовок на севере Омской области возникли обширные районы вторичных низкобонитетных лесов.

Отрицательно влияют на лесные экосистемы выбросы в атмосферу токсичных газов и пыли промышленными предприятиями и транспортом. Эти загрязняющие вещества попадают из атмосферы в леса чаще всего с кислотными дождями. Основными видами загрязняющих веществ, поступивших в атмосферу, в Омской области являются

**Работа поддержана РФФИ, проект № 09-01-00098-а.*

диоксид серы, твердые вещества, летучие органические соединения (например, в 2007 г. 198 тыс. т).

Оказывает негативное воздействие, обедняет видовой состав лесов использование химических препаратов, применяемых при борьбе с насекомыми-вредителями.

Значительный ущерб лесному фонду наносят пожары (до 400-х случаев в год). Удельная площадь погибших лесов от пожаров на территории Омской области за 2007 г. (данные ФГУ «Рослесозащита», 2008) оценивается в пределах 0,01–0,500 (площадь погибших лесов, га, лесопокрываемая площадь, га). Это худший показатель по Сибирскому Федеральному округу в 2007 году.

При этом следует отметить, что происходят пожары в 75 % случаев по вине населения и в 25 % – как следствие сельскохозяйственных палов. Например, с 9 апреля по 22 мая 2008 г. в Омской области произошло 582 пожара. Это больше, чем за весь 2007 г. В связи с этим в регионе был введен особый противопожарный режим – жителям 27 районов из 32-х было запрещено посещать леса. По данным за 2008 г., все 100 % лесных пожаров случились по вине граждан. В 64 % случаев виновниками является население, в 36 % – сельхозпроизводители.

К наиболее пожароопасным относятся сосновые, кедровые и лиственничные леса, особенно сухие боры с покровом из лишайников. Этому способствует сухая неразложившаяся подстилка, сухость напочвенного покрова, быстрота его высыхания после дождя, разреженность древостоя.

Вырубки и возникающие вокруг них лесовозные дороги, пожары способствуют сокращению лесов с оконной динамикой древесного яруса (мозаичностью), имеющих ключевое значение для сохранения в естественных условиях большого количества видов таежной флоры и фауны.

Значительная часть территории Омской области подвержена затоплению и подтоплению. Они сопровождаются развитием оползневых процессов, поверхностного засоления, потерями несущих свойств грунтов.

Особенно страдают Называевский (45,4 % площади района), Оконешниковский (37,4 %), Нижнеомский (25,7 %), Тюкалинский (24,6 %), Русско-Полянский

(17,8 %), Любинский, Таврический, Павлоградский и Нововаршавский районы, характеризующиеся плоско-западинным рельефом и слабой дренированностью территории. Затоплению сопутствует высокий уровень грунтовых вод.

2. Модель лесной экосистемы

Состояние леса мы характеризуем скалярной функцией времени $x(t)$, зависящей от четырех управляющих внешних факторов, которые будут описаны ниже. Функцию $x(t)$ будем называть *доброкачеством леса*. Её значения являются интегральным показателем вида

$$x(t) = \sum_j f_j x_j(t),$$

где f_j – вес показателя $x_j(t)$, т. е. его вклад (доля) в интегральный показатель, а сами показатели $x_j(t)$ – это употребляемые при оценке лесных экосистем такие показатели, как бонитет леса, показатели численности видов, индекс разнообразия видов, частота встречаемости, коэффициент встречаемости, обилие видов, покрытие, степень доминирования, биомасса, продуктивность древостоя, санитарное состояние леса, суховершинность, влажность древесины, возраст данного фитоценоза и другие.

Как измерять величину x ? Она состоит из суммы разноименных величин (с весами), и любой физик ужаснется – как измерять?

Измеряется каждое слагаемое в своих единицах, для него указывается интервал (от и до). Затем эксперты устанавливают интервалы для x (плохо, удовлетворительно, хорошо и т. д.). Так поступают в теории *оценки риска* (в экономике, в области безопасности компьютерных систем). У нас же получается *оценка доброкачества*.

Конкретное значение доброкачества лесной экосистемы, находящейся в состоянии *равновесия*, будем интерпретировать как конкретное растительное сообщество. Смена равновесия, сопровождающаяся изменением значения доброкачества лесной экосистемы, – это смена одних сообществ другими (динамика растительного покрова по Сукачёву).

Состояние леса зависит от некоторых управляющих внешних факторов. Их изменение влечёт за собой изменение состояния леса. Искомое уравнение леса должно включать эти факторы.

Мы рассматриваем следующие управляющие внешние факторы:

- влажность почвы w ($w < 0$ – недостаток влаги),
- мозаичность леса m (при $m > 0$ присутствует),
- монкуренцию (внутривидовая и межвидовая борьба) k (при $k < 0$ присутствует, ярко выражена),
- антропогенное воздействие a ($a < 0$ – вырубки леса, пожары, разливы нефти).

Важно найти такие значения этих факторов, которые говорят о приближающейся скачкообразной, катастрофической смене состояния леса, приводящей к *бифуркации*, т. е. к нескольким возможным состояниям леса, и к тому, что лес случайным образом окажется в каком-то одном из этих новых равновесных состояниях (к разным путям сукцессии).

В статьях [1, 2] для описания эволюции 4-ярусного леса предложено следующее уравнение:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\partial}{\partial x} V(x, k, m, a, w),$$

где

$$V(x, k, m, a, w) = \alpha x^6 + kx^4 + mx^3 + ax^2 + wx.$$

Функция $V(x, k, m, a, w)$ описывает при изменении параметров k, m, a, w самые различные *бифуркации*, называемые в математической теории катастроф катастрофами типа «бабочка» [3]. Коэффициент α характеризует взаимное влияние друг на друга ярусов леса.

В [1, 2] было показано, что предложенная модель неплохо качественно описывает такие кризисные ситуации, как изменения после пожаров, вырубок леса, засух и вымоканий леса.

3. Бифуркационные уравнения для внешних управляющих факторов

Для конкретного леса по известным методикам можно измерить факторы x, k, a и m, w .

Экологический кризис, катастрофа, т. е. резкое скачкообразное изменение в состоянии леса, близки, если наблюдаемые лесоводами значения внешних факторов k, m, a, w и доброкачественности x удовлетворяют, как следует из математической теории катастроф [3], системе уравнений:

$$d_x V = \alpha x^5 + 4kx^3 + 3mx^2 + 2ax + w = 0,$$

$$d_x^2 V = 5\alpha x^4 + 12kx^2 + 6mx + 2a = 0.$$

Другими словами, следует ожидать, что дальнейшие малые изменения значений факторов x, k, a, m, w приведут к экологической катастрофе.

Подставляя периодически в эти уравнения наблюдаемые значения внешних факторов, мы можем прогнозировать, предсказывать лесные экологические катастрофы и, что более важно, – избегать их, принимая своевременные антикризисные меры.

Остановимся отдельно на вопросе об измерении фактора a антропогенного воздействия на лесной фитоценоз. Под ним можно понимать *степень антропогенного воздействия* A на физико-географический район, которая равна произведению плотности населения в районе (выраженной в баллах) на величину отрицательного воздействия отраслей хозяйства на данную территорию [4] (за единицу времени). Можно также понимать и *уровень антропогенной нагрузки УАН* на район, равный отношению степени антропогенного воздействия к биоклиматическому потенциалу территории [4] (за единицу времени). Необходимые для наших целей эколого-географическое районирование Омской области (в том числе и лесных районов) и данные по величинам A и $УАН$ содержатся в статье [4].

Конечно, выведенные формулы – это пока теоретические соотношения, не привязанные к тем конкретным показателям, мониторинг которых осуществляют экологи или лесоводы, но, так или иначе, это формулы, на базе которых можно со временем создать методики, благодаря которым будут прогнозироваться, предсказываться возможные лесные катастрофы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Володченкова Л.А., Гуц А.К. Катастрофы типа «бабочка» в эволюции лесных экосистем // Математические структуры и моделирование. 2009. Вып. 19. С. 45–67.
- [2] Володченкова Л.А., Гуц А.К. Прогнозирование факторов, выводящих лесные экосистемы из равновесных состояний // Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования. Астрахань: АГУ, 2009. С. 121–123.
- [3] Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и её приложения. М.: Мир, 1980.
- [4] Большаник П.В., Игенбаева Н.О. Эколого-ландшафтное районирование Омского Прииртышья // География и природные ресурсы. 2006. № 3. С. 37–41.