

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ НАРУШЕНИЙ ХОДА ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СУКЦЕССИИ ПОСЛЕ ВЫРУБОК

Немчинова А.В.¹

¹*Ассоциация Национальная рабочая группа по добровольной лесной сертификации,
Ульяновск, Россия*
nemanvic@rambler.ru

Аннотация: Для моделирования качественной и количественной оценки рисков нарушений хода восстановительной сукцессии после вырубок используются данные о распределении лесных сообществ на полигоне исследования. Делается попытка применить марковскую модель хода автогенной сукцессии для определения вероятностей негативных последствий. Ущерб оценивается с учетом уязвимости экосистем по положению ординированной растительности в экологическом пространстве градиентов среды.

Результатом серийного оборота сплошных вырубок на лесных территориях в бореальной зоне признается ряд негативных последствий для восстанавливающейся лесной растительности (Восточноевропейские..., 2004; Немчинова, 2016а). Предметом оценки рисков, как метода прогнозирования поворотных событий в лесовосстановительной динамике, выбраны негативные последствия: число потерь поздне-сукцессионных древесных пород в ходе демутации, невозможность возвращения исходного (до начала рубки) состояния древостоя после первого и следующих приемов рубки, "зацикливание" на 1 этапе хода сукцессии, снижение темпов сукцессии.

Риски негативных событий имеют отношение к ряду неопределенностей, с которыми сталкивается оценивающий их риск-менеджер (Канеман и др., 2005). Не известна стадия структурной организации лесного сообщества (Немчинова, 2016 б), которая окажется стартовой для демутации, а также стадия сукцессии, в которой сообщество окажется к моменту назначения очередного приема рубки. От исходных начал циклов демутаций зависят состав формирующегося древостоя и длительности ходов сукцессий. Названные неопределенности зависят от степени уязвимости биоты конкретного участка к воздействию и его эффектам, например к наступившим после рубки экотопическим изменениям.

Снизить риск негативных последствий, значит понизить область неопределенности в представлениях менеджера о формирующемся после вырубки древостое. Для решения задачи снижения риска последствий нужно множество исходов в каждой из областей неопределенностей классифицировать и ранжировать в относительных единицах, структурируя и повышая знание менеджера о наиболее негативных эффектах, повышая тем самым их предсказуемость. Модель меры риска должна включать две оценочные составляющие - вероятностную и область негативных последствий (Закарян, Ким, 2013).

Потенциальную уязвимость лесных экосистем оцениваем по положению их ординированной растительности в экологическом пространстве градиентов среды (Восточноевропейские..., 2004) относительно их оптимумов, исходя из предположения, что чем специфичнее условия среды, тем ниже приспособляемость растительности к меняющимся условиям. Среднее арифметическое отклонений от оптимального балла, совокупно определяемое по всем экологическим шкалам Цыганова, возведенное в квадрат, характеризует уязвимость сообщества в целом, вычисляется по формуле:

$$S = \left(b - \bar{b} \right)^2, S = [0; 60,8] \quad (1).$$

Неопределенность производной стадии структурной организации лесного сообщества после рубки оцениваем по модели хода сукцессии марковских цепей (Логофет, 2010; Немчинова, 2016 б). В модели ход автогенной сукцессии делится на 2 этапа: 1. формирование вертикальной структуры, образованной елью, как главной лесообразующей таежной породой, и отслеживается от стадии к стадии по взаимопереходам растущих

деревьев из подъяруса в подъярус; 2. формирование полидоминантного сообщества через насыщение вертикального каркаса другими позднесукцессионными породами, начавшееся после распада древостоя в первом этапе (Немчинова, 2016 ба). Ход сукцессии в модели отражается в матрице переходов из 14 элементов, в которой 1 стадия описывается субматрицей из 32 элементов.

Распределение вероятностей K в переходной матрице принимаем пропорциональным частоте встречаемости растительных сообществ в различных стадиях сукцессии k , описанных на нарушенном вырубками участке полигона исследования:

$$K = [k_1, k_2, \dots, k_n], K = [277, 13, 126, 4, 0, 60, 14, 0, 0, 56, 5, 0, 0, 0], n=14, \quad (2)$$

Анализ данных о структуре сообществ, сформировавшихся после однократного приема сплошных концентрированных рубок, с учетом ряда предположений, например, об однородности способов рубки, позволил провести качественную оценку риска потери позднесукцессионных пород. К следующему приему рубки (при обороте 80 лет) ожидается: 1. насыщенность ярусов позднесукцессионными видами, как и полночленная вертикальная и онтогенетическая структура сообщества (Смирнова и др., 2001), вероятнее всего, не успеют восстановиться до исходного состояния; 2. потеря пород в последовательности с убывающей вероятностью: пихта, клен, ель, липа; 3. при отсутствии до рубки ели и/или сопутствующих пород, вероятнее всего инвазия их уже не будет успешной; 4. при возможности заноса диаспор возможна инвазия в последовательности с убывающей вероятностью: ель, липа, пихта, клен; 5. вероятнее инвазия 1 породы, чем 2-х и 3-х;

Количественная оценка рисков последствий после рубки производится вычислением по формуле:

$$R = P \cdot E \cdot S, \quad (3)$$

где P - вероятность события негативного последствия; E - эффект от воздействия, последствие, ущерб; S - коэффициент чувствительности биоты к изменениям среды после рубки. Описанные лесные сообщества на полигоне исследования - результат рубок малонарушенных старовозрастных южнотаежных пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород (Немчинова, 2016 а), поэтому потери древесных пород и иные последствия оцениваем по числу недостающих из числа характерных для эталона. Распределение восстановленных сообществ по стадиям сукцессии показывает вероятности негативных последствий после 1 приема сплошными рубками (Таблица). Сложнее установить вероятности последствий после 2-го и следующих приемов рубки через период оборота рубки. Для вычислений меры риска следующего приема рубки для уже трансформированных сообществ используются формулы оценки рисков, показатели вероятности событий в которых определяются по марковской модели хода сукцессии в зависимости от стадии автогенной сукцессии оцениваемого сообщества.

Таблица Оценочная шкала для определения вероятности негативных последствий после 1-го приема рубки малонарушенных старовозрастных лесов

Число сообществ на полигоне исследования (всего 501)		Критерии риска	Числовые значения вероятности
число сообществ на 1 этапе сукцессии	468	вероятность остаться на 1 этапе сукцессии	0,93
число сообществ с 1 древесной позднесукцессионной породой (вместо 4)	283	вероятность потерять 3 вида	0,56
число сообществ с 2 древесными позднесукцессионными породами	117	вероятность потерять 2 вида	0,23
число сообществ с 3 древесными позднесукцессионными породами	62	вероятность потерять 1 вид	0,12

Литература

- Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. /Под ред. О.В. Смирновой. М.: Наука, 2004. Кн. 1. 479 с. Кн.2. 575 с.
- Закарин Э. А., Ким Д. К. Вероятностная модель риска поражения биоты при аварийном загрязнении окружающей среды / Сибирский журнал индустриальной математики Июль-сентябрь, 2013. Т. XVI, №3(55).
- Канеман Д., Словик П., Тверски А. Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения. - Харьков: Гуманитарный центр, 2005. 632 с.
- Логофет Д. О. Марковские цепи как модели сукцессии: новые перспективы классической парадигмы // Лесоведение. — 2010. — № 2. — С. 46–59.
- Немчинова А. В. Динамические тенденции лесовосстановления в ядре заповедника "Кологривский лес" (подзона южной тайги) //Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования : материалы Всерос.(с междунар. участием) науч. шк.-конф., посвящ. 115-летию со дня рождения А. А. Уранова / под ред. Н. А. Леоновой. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016 а. – 502 с. . — С. 267–269.
- Немчинова А.В. Признаки стохастической детерминированности автогенной сукцессии лесных экосистем в марковских моделях // Компьютерные исследования и моделирование, 2016 б. Т. 8 № 2 .С. 255–265.
- Смирнова О.В., Бобровский М.В., Ханина Л.Г. Оценка и прогноз сукцессионных процессов в лесных ценозах на основе демографических методов // Бюллетень московского общества испытателей природы, отд. биологии 2001. Т. 106, вып. 5.