

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Бобровский М. В., Ханина Л. Г., Комаров А. С.,
Михайлов А. В.

(Россия, Пушкино)

Предложен алгоритм моделирования динамики живого напочвенного покрова лесных экосистем на уровне лесотаксационного выдела путем использования системы моделей EFIMOD и сопряженной информации, полученной на основе данных лесной таксации и геоботанических исследований.

Введение. Для моделирования динамики живого напочвенного покрова лесных экосистем мы предложили использовать эколого-ценотические группы (ЭЦГ) видов растений. Под ЭЦГ понимаются группы видов, сходных по отношению к совокупности экологических факторов и приуроченных к сообществам того или иного типа [1, 2]. Для моделирования напочвенного покрова лесных сообществ центральной России предложено использовать простейшую систему ЭЦГ из шести следующих групп: Bg — бореальная (виды еловых и елово-пихтовых лесов), Nm — неморальная (виды широколиственных лесов), Nt — нитрофильная (виды черноольховых лесов), Pn — боровая (виды сухих боров), Md — лугово-опушечная (виды лугов, опушек) и Wt — водно-болотная (прибрежно-водных и внутриводных местообитаний, низинных и верховых болот).

Ранее нами было предложено для расчета параметров разнообразия растительности по данным лесной таксации в качестве базового использовать понятие «тип леса» и задавать его через доминант древостоя и доминирующую ЭЦГ напочвенного покрова. Был разработан алгоритм и методика оценки разнообразия напочвенного покрова с использованием технологий баз

данных и с привлечением региональных геоботанических данных по растительности [3, 4, 5].

Согласно методике, сведения о доминантах древостоя и напочвенного покрова берутся непосредственно из повидельных лесотаксационных описаний, а принадлежность доминантов напочвенного покрова к ЭЦГ устанавливается в соответствии с базой данных ЭЦГ [6]. Эколого-ценотический подход к типологии растительности позволяет использовать единые принципы классификации как лесотаксационных, так и геоботанических описаний. В результате при работе с лесотаксационными данными появляется возможность опосредованно количественно оценить разнообразие напочвенного покрова по геоботаническим данным, относящимся к тому же типу фитоценоза (рис. 1).

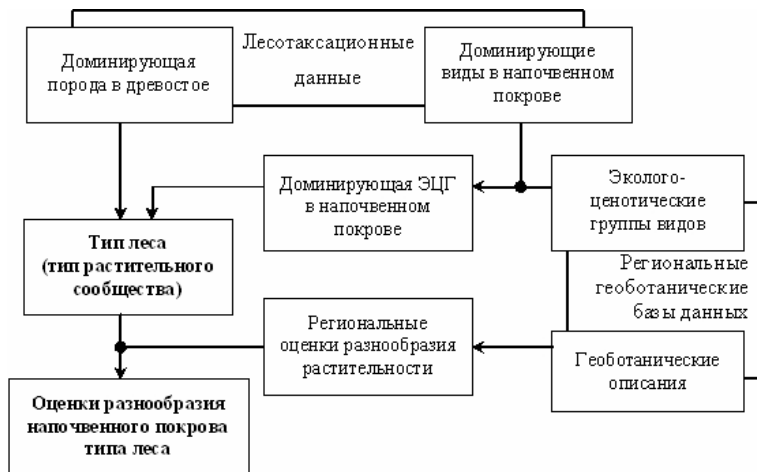


Рис. 1. Блок-схема получения оценок разнообразия напочвенного покрова на основе лесотаксационных данных с привлечением информации из региональных геоботанических баз данных.

При привлечении региональных геоботанических баз данных можно получить следующие расчетные оценки разнообразия растительности: 1) доминирующая в напочвенном покрове ЭЦГ, 2) число и набор типов леса, 3) уровень видового богатства рас-

тительности (уровень видовой насыщенности типа леса, отражающий среднее значение (моду) числа видов сосудистых растений на единицу площади). Для уровня видового богатства было предложено использовать дискретную шкалу от 1 до 5, где 1 соответствует наименьшему, а 5 — наибольшему богатству. Уровни видового богатства для основных типов растительных сообществ, выделяемых на лесных территориях центральной России, также были заданы на основе анализа региональных геоботанических баз данных.

Задачей настоящего исследования являлось дальнейшее развитие эколого-ценотического подхода к анализу живого напочвенного покрова с целью моделирования его динамики и прогноза изменения биоразнообразия.

Описание методов и объекта моделирования. Анализ динамики лесного напочвенного покрова проводился с использованием системы моделей биологического круговорота углерода и азота в лесных экосистемах EFIMOD, предназначенной для оценки динамики породного и возрастного состава древостоев и динамики органического вещества и азота почвы [7, 8]. Модель EFIMOD ориентирована на описание процессов на уровне древостоя и использование повыдельных таксационных описаний лесов как входных характеристик.

Инициализация модели осуществляется путем оценки начальных значений пулов органического вещества и азота в почве разных типов местообитаний и типов леса [8]. Инициализацию блока оценки состояния напочвенного покрова и расчета показателей его разнообразия предложено проводить путем присвоения каждому выделу начальных параметров типа леса по лесотаксационным данным: доминанта древостоя и доминирующей в напочвенном покрове ЭЦГ.

При отсутствии в лесотаксационных описаниях сведений о видах, доминирующих в напочвенном покрове, доминирующую ЭЦГ предложено определять на основе вероятностных региональных таблиц соответствия ЭЦГ и типов условий местопроизрастания (ТУМ) при различных доминантах древостоя. Доминанты древостоя и ТУМ являются обязательными параметрами лесотаксационных описаний. Вероятностные таблицы соответ-

ствия строятся по наиболее полным региональным лесотаксационным данным путем расчета для каждой доминирующей породы долей представленности в различных ТУМ выделов с доминированием различных ЭЦГ. Так, например, на рис. 2 показано распределение выделов с доминированием различных ЭЦГ в различных ТУМ для сосняков, ельников, березняков и осинников по данным лесной таксации Приокско-Тerrasного заповедника (Московская обл.).

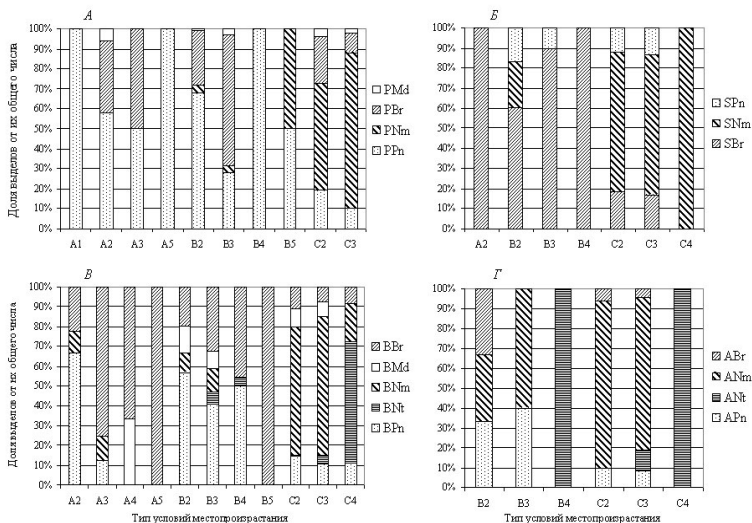


Рис. 2. Процент выделов с доминированием различных ЭЦГ в различных ТУМ для сосняков (А), ельников (Б), березняков (В) и осинников (Г) по данным лесной таксации Приокско-Тerrasного заповедника 1981 г.: ТУМ меняется от бедных (А) к богатым (D) и от сухих (1) к мокрым (5) местообитаниям [9]. Индексы типов леса состоят из сочетания обозначений доминирующей породы (P — сосна, S — ель, B — береза, A — осина) и доминирующей в напочвенном покрове эколого-ценотической группы (Md — лугово-опушечная, Br — борельная, Nm — неморальная, Nt — нитрофильная, Pn — боровая).

В качестве модельной территории было взято Данковское лесничество Опытного лесного хозяйства «Русский лес», которое непосредственно граничит с Приокско-Тerrasным заповедником. Динамику напочвенного покрова с использованием модели

EFIMOD оценивали путем модификации состава древостоя и доминирующих ЭЦГ на модельной территории по результатам моделирования видовой и возрастной динамики древостоев, количества валежа, почвенного богатства (общее содержание гумуса и азота).

На начальном шаге моделирования каждому выделу вероятно присваивалась доминирующая ЭЦГ напочвенного покрова по доминанту древостоя и ТУМу, которые определялись из входных лесотаксационных параметров. Вероятности ЭЦГ определялись по таблице соответствия «Доминант древостоя – ТУМ – доминирующая ЭЦГ», построенной по данным лесной таксации Приокско-Тerrasного заповедника 1981 г.

Далее на каждом следующем шаге моделирования:

1. Определялся доминант древостоя (основной блок EFIMOD) и доминирующая ЭЦГ (блок расчета параметров биоразнообразия). ЭЦГ предыдущего шага модифицировалась в зависимости от изменения доминанта древостоя и при пороговых изменениях таких параметров, как количество валежа, общее содержание гумуса и азота.

2. По доминанту древостоя и доминирующей ЭЦГ определялся тип леса.

3. Выделу присваивалось значение уровня видового разнообразия, соответствующее типу леса.

Были осуществлены прогоны откалиброванной модели EFIMOD для ключевых участков (104 выдела 4-х кварталов Данковского лесничества общей площадью 273,4 га) на период 200 лет при заданных климатических, температурных и водно-физических условиях. Шаг моделирования составлял один год. Моделировали динамику напочвенного покрова и изменение параметров биоразнообразия для следующих сценариев лесопользования.

А. Сценарий «Заповедание», без проведения каких-либо рубок. Возобновление видов имитировалось с интервалом 30 лет (4000 деревьев на гектар) породами смешанного состава. Состав зависел от типа условий местопроизрастания: при ТУМ А1, А2: 30% сосна, 70% береза; при ТУМ В2, В3, С2, С3, С4: 10% сосна, 25% ель, 30% береза, 20% дуб, 15% липа.

Б. Сценарий «Нормативные рубки». Имитировались четыре рубки ухода и рубка главного пользования. Возраст рубки зависел от главной породы. Рубка главного пользования — сплошная, порубочные остатки убирались с территории. На следующий год после сплошной рубки имитировалось возобновление — 10000 деревьев на гектар, состав возобновления, как и при сценарии А зависел от типа условий местопроизрастания. Сценарий наиболее близок к системе рубок, принятой в России.

При моделировании во всех сценариях не оценивались влияние ветровалов, болезней, повреждение скотом, насекомыми, а также не учитывалась вероятность возникновения пожаров.

Была проведена оценка состава доминирующих ЭЦГ, определение типов леса на основе результатов моделирования, оценка видового разнообразия. Для визуализации пространственно-временных результатов моделирования использовалась система CommonGIS [10].

Результаты моделирования. Исходно модельная территория характеризовалась господством в напочвенном покрове боровой ЭЦГ при содоминировании бореальной ЭЦГ. При моделировании спонтанного развития за 200 лет происходила заметная неморализация напочвенного покрова: почти половину территории стали занимать выделы с доминированием видов неморальной группы. Важной особенностью являлось увеличение доли выделов с доминированием видов нитрофильной ЭЦГ (почти на 20% территории). Доля выделов с доминированием видов бореальной ЭЦГ менялась незначительно, боровая ЭЦГ сильно сокращала площадь доминирования, лугово-опушечная ЭЦГ исчезала из числа доминирующих.

При расчете по сценарию «Нормативные рубки» изменение структуры напочвенного покрова территории носило сходный характер, но перегруппировка доминирования групп была не столь существенна. Выделы с доминированием неморальной, бореальной и боровой ЭЦГ занимали примерно одинаковые площади. Доля выделов с доминированием видов нитрофильной ЭЦГ не менялась; лугово-опушечная ЭЦГ, как и в первом случае, исчезала из числа доминирующих.

В начальный момент на территории абсолютно преобладали сосняки боровые (48% площади) и бореальные (29%). Общее число типов леса было одиннадцать. При заповедании преобладающими типами леса становились дубняки неморальные (20%) и сосняки бореальные (24%). Интересно, что в режиме заповедания на анализируемой территории формировались такие типы сообществ, как ельники и липняки неморальные, ельники и липняки нитрофильные (высокотравные), представляющие собой зональный тип растительности — хвойно-широколиственный лес, с высоким богатством видов теневой флоры. Число типов леса в процессе моделирования не изменилось.

При моделировании сценария «Нормативные рубки» увеличивалась, прежде всего, доля ельников — бореальных, неморальных и боровых. Заметным оставалось участие сосняков боровых. В отличие от сценария заповедания, площадь широколиственных лесов была невелика, ельники нитрофильные на территории не формировались, зато формировались осинники. Число типов леса увеличивалось до 16-ти.

Уровень видового богатства (видовой насыщенности сосудистых растений) изменялся в соответствии с динамикой типов леса. При обоих сценариях разнообразие увеличивалось, однако увеличение уровня видового богатства при сценарии «Заповедание» было значительнее, нежели при сценарии «Легальные рубки».

Выводы. Результаты модельного прогноза сопряженной динамики древостоев, почвы, типов леса и оценок биоразнообразия, основанные на эколого-ценотических группах, вполне согласуются с теоретическими представлениями о сукцессионной динамике и последствиях лесохозяйственных воздействий [11] и показывают большие возможности предложенного подхода.

Работа выполнена при поддержке проекта ИНТАС 01-0633, программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Научные основы сохранения биоразнообразия России».

Список литературы:

1. Смирнова О.В., Ханина Л.Г., Смирнов В.Э. Эколого-ценотические группы в растительном покрове лесного пояса Восточной Европы // Восточно-Европейские леса (история в

- голоцене и современность). Т.1. Гл. 3.2. — М.: Наука, 2004. С.165–175.
2. Смирнов В.Э., Ханина Л.Г., Бобровский М.В. Обоснование системы эколого-ценологических групп видов растений лесной зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа // Бюлл. МОИП. Сер. Биологическая. В печати.
 3. Khanina, L.G., Bobrovsky, M.V., Smirnov, V.E., Mikhailov, A.V., Komarov, A.S., Chertov, O.G. Quantitative assessment of forest biodiversity and dynamic ecosystem modelling // Abstracts of the International Conference 'Decision support for multiple purpose forestry'. Vienna, Austria, April 2003. P.56.
 4. Khanina, L.G., Bobrovsky, M.V. A forest type system application for biodiversity estimation at the forestry unit level (the example of Central European Russia) // Abstracts of the International IUFRO Conference 'Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe — from ideas to operationality'. Florence, Italy, November 2003. P.42.
 5. Бобровский М.В., Ханина Л.Г. Количественная оценка разнообразия растительности на локальном уровне по лесотаксационным данным // Лесоведение. 2004. № 3. С.28–34.
 6. Khanina, L., Glukhova, E., Shovkun, M. Information system on vascular plant species of Central Russia // Труды зоологического института РАН. Том 278. Информационно-поисковые системы в зоологии и ботанике. Тезисы международного симпозиума. Санкт-Петербург. 1999. С.62.
 7. Chertov O., Komarov A., Kolström M., Pitkänen S., Strandman H., Zudin S., Kellomäki S. Modelling the long-term dynamics of populations and communities of trees in boreal forests based on competition on light and nitrogen // Forest Ecology and Management. 2003. V.176. P.355–369.
 8. Komarov A., Chertov O., Zudin S., Nadporozhskaya M., Mikhailov A., Bykhovets S., Zudina E., Zoubkova E. EFIMOD 2 — the system of simulation models of forest growth and elements cycles in forest ecosystems // Ecological Modelling. 2003. V.170. P.373–392.

9. Воробьев Д.П. Типы лесов европейской части СССР. — Киев: Изд-во АН УССР, 1953. 450с.
10. Andrienko G., Andrienko N. Interactive Maps for Visual Data Exploration // International Journal Geographical Information Science. 1999.V.13. P.355–374.
11. Оценка и сохранения биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / Под ред. Л.Б. Заугольной. — М., 2000. 196с.

MODELLING DYNAMICS OF FOREST GROUND VEGETATION

Bobrovsky M. V., Khanina L.G., Komarov A.S., Mikhajlov A.V.

(Russia, Pushchino)

Modelling of forest ground vegetation dynamics at a local scale (a level of forest unit) is proposed on a base of the EFIMOD model, forest inventory data, and regional vegetation databases.