

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ  
НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ ПО ЛЕСОТАКСАЦИОННЫМ ДАННЫМ\***

© 2004 г. М.В. Бобровский<sup>1</sup>, Л.Г. Ханина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
142290 Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2*

<sup>2</sup> *Институт математических проблем биологии РАН,  
142290 Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 4*

Поступила в редакцию 15.12.2003 г.

Предложен метод оценки разнообразия лесной растительности на основе лесотаксационных данных с привлечением региональных баз данных по растительности. Метод включает оценку разнообразия видов напочвенного покрова для типов леса. Типы леса выделены по доминантам древостоя и доминирующим в напочвенном покрове эколого-ценотическим группам. Метод проиллюстрирован результатами расчетов отдельных параметров разнообразия растительности Приокско-Террасного заповедника.

*Лесотаксационные данные, разнообразие растительности, типы леса, напочвенный покров*

Сохранение биологического разнообразия является важным критерием устойчивого управления лесами, необходимость организации которого подчеркивается в международных и российских документах [5, 6, 17, 18]. Мониторинг и оценка биоразнообразия на локальном уровне – уровне природно-территориального комплекса

---

\* Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Научные основы сохранения биоразнообразия России» и поддержана грантами РФФИ (01-04-49098) и ИНТАС (01-0633).

(ПТК) (соответствующего территории уровня лесхоза, лесничества, национального парка, заповедника) должна проводиться на основе данных лесной таксации, по возможности с привлечением результатов более детальных исследований компонентов биоразнообразия.

В данной статье предложена методика расчета параметров разнообразия растительности по лесотаксационным данным с использованием технологий баз данных и с привлечением региональных данных по растительности. На примере Приокско-Террасного заповедника по данным лесной таксации 1982 г. оценивается экосистемное, структурное и видовое разнообразие растительности, сукцессионная динамика древостоя.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА

Приокско-Террасный государственный биосферный заповедник был организован в 1945 г. Он расположен в 100 км к югу от Москвы, на левом берегу р. Оки в пределах ее широтного участка. Площадь заповедника чуть менее 5000 га. Заповедник находится в атлантико-континентальной климатической области, в центре Среднерусской возвышенности в пределах южной части Москворецко-Окской моренно-эрозионной равнины [14]. По геоботаническому районированию территория заповедника относится к подтаежной (хвойно-широколиственной) полосе, выделяемой в составе Московского округа [3]. До заповедания практически вся территория была пройдена рубками и пожарами, обширные площади были засажены культурами сосны.

**Методика оценки разнообразия растительности по лесотаксационным данным.** При оценке биоразнообразия по данным лесной таксации единицей анализа является лесотаксационный выдел. Для расчета видового, структурного и экосистемного разнообразия растительности ПТК необходимо, чтобы вся лесотаксационная информация была организована в виде базы данных, где каждый лесотаксационный выдел представляет собой отдельную запись. Для детальных расчетов видового разнообразия

целесообразно информацию о наличии каждого вида древостоя, подроста, подлеска и напочвенного покрова занести в отдельные поля базы данных.

Только на основе лесотаксационных данных видовое разнообразие растительности для каждого выдела можно оценить по числу видов деревьев в древостое, по общему числу деревьев в выделе с учетом подроста и подлеска, по числу видов в подлеске. Структурное разнообразие можно оценить по полноте древостоя, наличию или отсутствию ярусности, наличию и количеству подроста, подлеска, сухостоя, по распределению пород по возрастным и размерным классам. Кроме того, по присутствию ранне- и поздне-сукцессионных древесных видов в древостое и подросте можно оценить сукцессионное состояние растительного сообщества (см. ниже). Экосистемное разнообразие ПТК оценивается по числу и набору лесных формаций (типов древостоя), представленных на изучаемой территории. Тип древостоя может определяться по доминирующей древесной породе либо по сочетанию доминирующей породы и возраста насаждения.

Оценить сукцессионное состояние растительности путем использования данных лесной таксации можно как на уровне отдельного лесотаксационного выдела, так и на уровне лесных формаций, типов леса и в целом для всей исследуемой территории.

Оценка сукцессионного состояния растительного сообщества проводится путем сравнительного анализа состояний популяций видов деревьев, входящих в его состав [12]. Стадия сукцессии и ее направление определяются по соотношению состояний ценопопуляций раннесукцессионных (пионерных) и поздне-сукцессионных видов (последние являются зональными эдификаторами) [10]. К раннесукцессионным относят виды, требовательные к свету: традиционные пионерные (сосна обыкновенная, березы, осина) и виды с чертами «опушечников» (например, дуб черешчатый). К поздне-сукцессионным относят теневыносливые широколиственные виды (ясень, клены, липа, вязы), ель, а также ольху черную.

Для оценки состояний ценопопуляций проводится анализ участия соответствующих видов в древостое и подросте. Присутствие может быть оценено либо только по формулам древостоя и подроста (без учета единичных видов, не вошедших в формулы), либо с учетом единичных видов. Устойчиво существующие в сообществе виды с нормальными популяциями присутствуют как в древостое, так и в подросте. Виды, популяции которых являются регрессивными или инвазионными, присутствуют, соответственно, только в древостое или только в подросте.

Отметим, что анализ сукцессионного состояния растительности по лесотаксационным данным можно проводить при условии, что при таксации учитывался подрост, и в составе подроста отмечалось участие всех видов, а не только целевых или коренных пород. Полученные оценки можно верифицировать и уточнять по результатам демографических исследований древесных популяций.

**Методика оценки разнообразия растительности по лесотаксационным данным с привлечением региональных данных по растительности.** В случае, когда лесотаксационные описания содержат сведения о видах трав, доминирующих в выделе (обычно указывают 3–5 видов), возможно проанализировать эколого-ценотический состав доминантов напочвенного покрова [8, 16]. Для этого следует использовать региональные базы данных (списки видов) по эколого-ценотическим группам (ЭЦГ) [11]. Для Центральной России хорошо зарекомендовали себя [8] следующие ЭЦГ, выделенные О.В. Смирновой и Л.Б. Заугольной на основе групп А.А. Ниценко [7] с учетом исторических свит Г.М. Зозулина [4]: неморальная, бореальная, нитрофильная, боровая, лугово-опушечная и водно-болотная. Эти группы описаны частично в работе [8], информация о них имеется в Интернете (<http://www.jcbi.ru/eco1/index.shtml>).

По доминанту древостоя и доминирующей эколого-ценотической группе в напочвенном покрове можно определить тип растительного сообщества (тип леса) по эколого-ценотической классификации [1, 11, 15]. Сведения о доминантах древостоя и

напочвенного покрова берутся непосредственно из лесотаксационных данных, а принадлежность доминантов напочвенного покрова к ЭЦГ устанавливается в соответствии с базой данных ЭЦГ (рис. 1).

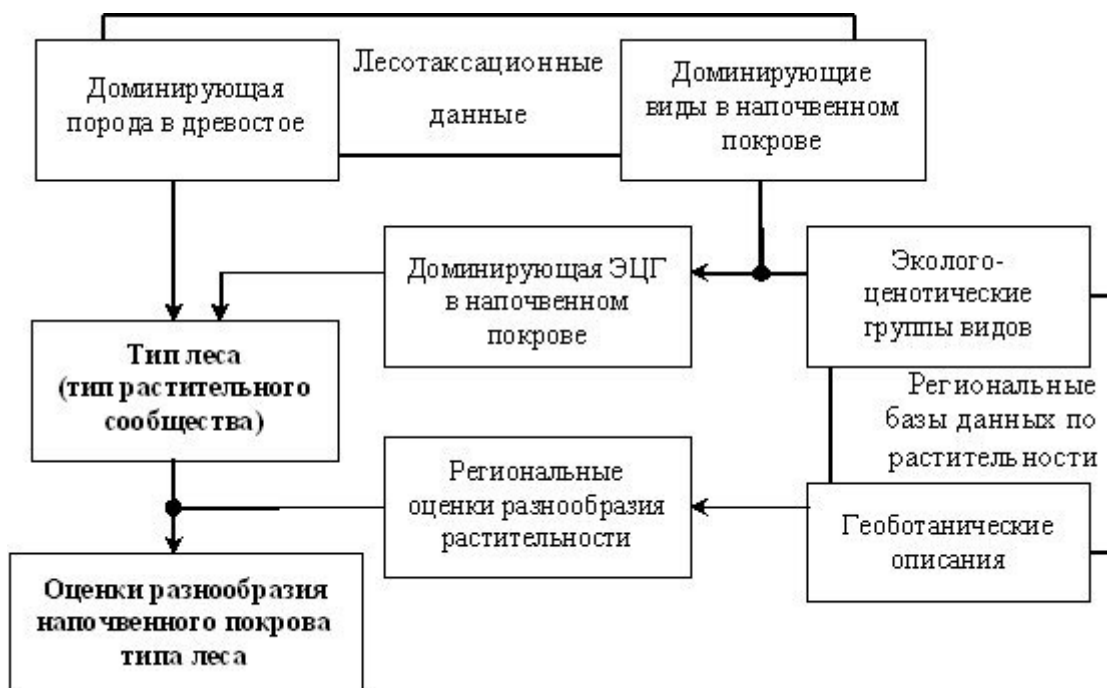


Рис. 1. Блок-схема получения оценок разнообразия напочвенного покрова на основе лесотаксационных данных с привлечением информации из региональных баз данных по растительности

Эколого-ценотический подход к типологии растительности позволяет использовать единые принципы классификации как геоботанических, так и лесотаксационных описаний. В результате появляется возможность опосредованно оценить разнообразие напочвенного покрова по геоботаническим данным, относящимся к тому же типу фитоценоза (рис. 1). При этом следует использовать базу данных геоботанических описаний, собранных либо на анализируемой территории, либо на территории, расположенной в схожих эколого-флористических условиях. Среди возможных оценок разнообразия напочвенного покрова отметим наиболее очевидные: 1) уровень видовой насыщенности типа растительного сообщества (типа леса), который рассчитывается через среднее значение (моду) числа видов на единицу площади (геоботаническую площадку фиксированного размера) для данного типа; и 2) типовую (среднюю, модальную) эколого-ценотическую структуру типа леса.

Таким образом, для типа леса возможно оценить разнообразие напочвенного покрова в случае выполнения двух необходимых условий: 1) при наличии данных геоботанических исследований в том же регионе; и 2) при одинаковых принципах определения типа леса по геоботаническим и лесотаксационным данным. В частности, помимо эколого-ценотической, можно применить и доминантную классификацию растительных сообществ; также возможно использование других функциональных групп видов растений.

В заключение отметим, что формализованное выделение типа лесного сообщества по лесотаксационным данным позволяет «привязать» к лесотаксационным выделам информацию по различным компонентам биологического разнообразия лесных экосистем на основе использования данных соответствующих специальных исследований. Это возможно в случае, если эти данные также привязаны к соответствующим типам леса и являются репрезентативными.

Ниже в качестве примера приведены результаты расчетов отдельных параметров разнообразия растительности Приокско-Террасного заповедника. Для расчетов использовалась база данных лесотаксационных описаний 1982 г., организованная в СУБД DataEase и содержащая информацию по 2148 выделам заповедника.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Доминанты древостоя.** На территории заповедника в древостое доминируют пионерные виды деревьев – сосна (37.9% площади), береза (38.2), третье место занимает осина (10) (табл. 1). Выделы с доминированием ели, дуба и липы занимают незначительные площади – еловые древостои сосредоточены преимущественно около малых рек, дуб занимает небольшие участки, расположенные в основном на юго-востоке и северо-западе заповедника. Выделы с доминированием черной ольхи расположены в долинах малых рек.

**Присутствие на территории Приокско-Террасного заповедника типов растительных сообществ с различными сочетаниями «доминант древостоя - доминирующая в напочвенном покрове эколого-ценотической группа», % от площади заповедника**

Доминирующая ЭЦГ	Доминанты древостоя						Всего по ЭЦГ
	сосна	береза	осина	ель	липа, дуб	ольха черная	
Неморальная	9.0	21.1	8.3	1.7	2.2	-	42.3
Бореальная	12.1	5.3	0.8	1.6	-	-	19.8
Боровая	16.3	8.4	1.0	0.7	-	-	26.4
Нитрофильная	-	1.2	0.4	-	-	1.0	2.6
Лугово-опушечная	0.5	2.2	-	-	0.3	-	3.1
Всего по доминантам древостоя	37.9	38.2	10.5	4.0	2.5	1.0	

**Оценка видового разнообразия древостоя и напочвенного покрова.** Оценки разнообразия растительности, полученные по данным лесной таксации, в целом соответствуют оценкам, полученным ранее по геоботаническим данным [8].

В заповеднике преобладают выделы с 3-4 породами в древостое (63% площади) и с 4-5 видами деревьев в целом на выделе (число рассчитано с учетом состава подроста) (45% площади) (рис. 2). Также на территории заповедника преобладают выделы со средним уровнем разнообразия напочвенного покрова – от 16 до 30 видов травянистых растений на площадке 100 м<sup>2</sup> (66% площади). Бедные типы сообществ (до 15 видов) – боровые сосняки, пустоши – занимают 18% территории; наиболее богатые сообщества (более 30 видов на 100 м<sup>2</sup>) – луга, лугово-опушечные березняки, дубравы, неморальные сосняки и ельники – занимают 16% исследуемой территории.

**Доминирование ЭЦГ в напочвенном покрове.** Неморальные травы преобладают на территории заповедника (рис. 3, табл. 1) – выделы с их доминированием занимают 42% всей исследуемой площади. За ними следуют выделы с доминированием боровых и бореальных видов. Выделы с доминированием нитрофильных трав расположены по

долинам малых рек. Доминирование водно-болотных видов маркирует, в первую очередь, сфагновые болота, а лугово-опушечных видов – суходольные и заливные луга.

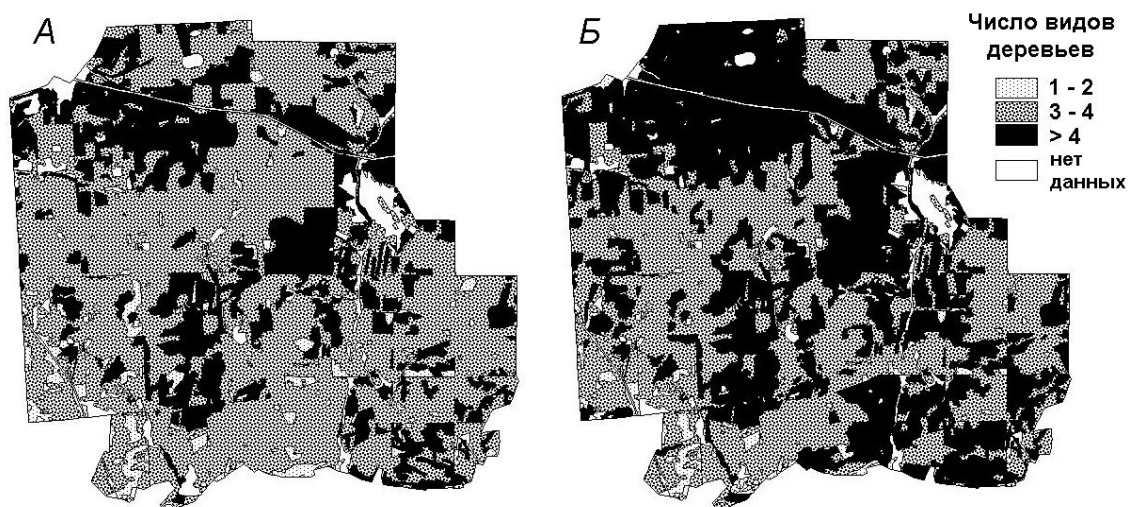


Рис. 2. Число видов деревьев в древостое (А) и в пределах выдела (Б) на территории Приокско-Террасного заповедника.

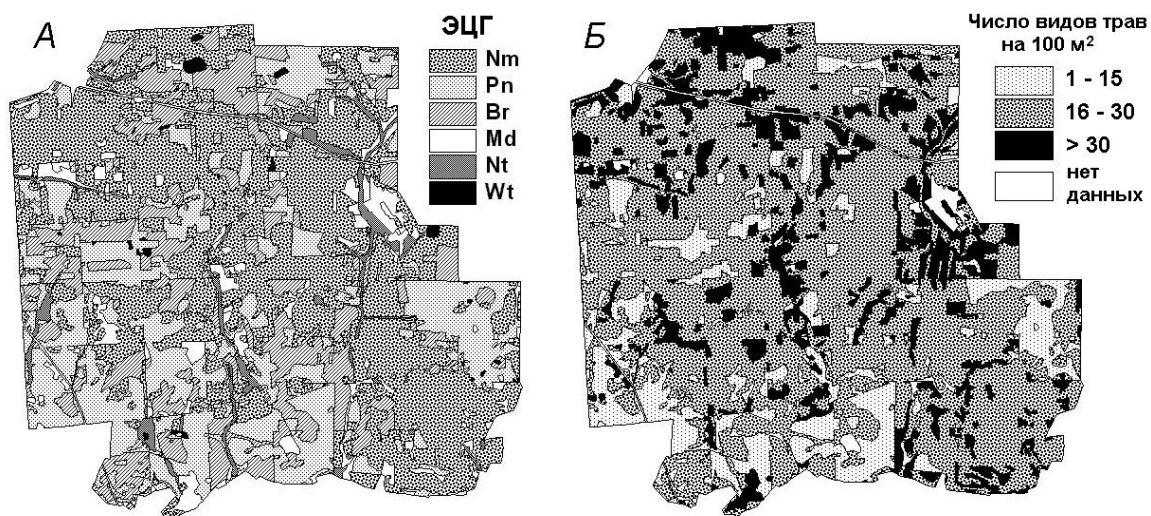


Рис. 3. Доминирующие эколого-ценотические группы (ЭЦГ) (А) и видовая насыщенность видов трав (Б) на территории Приокско-Террасного заповедника: Nm – неморальная ЭЦГ, Pn – боровая, Br – бореальная, Md – лугово-опушечная, Nt – нитрофильная (черноольховая), Wt – водно-болотная.

Вместе с тем, как показано более ранними исследованиями [8, 13], напочвенный покров на территории заповедника отличается большой пестротой и разнообразием эколого-ценотической структуры. Поэтому для характеристики напочвенного покрова более корректно использовать сочетания доминирующих эколого-ценотических групп видов, а не отдельные группы. При использовании сочетаний групп было выявлено, что на



территории заповедника преобладают бореально-боровые выделы (24% территории), за ними следуют неморально-боровые (19), чисто неморальные (17) и неморально-бореальные (11) выделы.

**Разнообразие типов леса.** На территории заповедника было выделено 23 типа растительных сообществ: 19 сообществ с древесным ярусом (табл. 1) и 4 сообщества без древесного яруса – олиготрофные болота, боровые пустоши (прогалины), мезофитные и гигрофитные луга. Среди сообществ по площади преобладают неморальные березняки, за ними следуют боровые и бореальные сосняки. Неморальные сосняки, боровые березняки, неморальные осинники и бореальные березняки также занимают заметную часть территории.

**Оценка сукцессионного состояния растительности исследуемой территории.** Для всей территории заповедника рассчитывались площади, занимаемые пионерными (березой, осинкой, сосной) и поздне-сукцессионными (елью, липой, ольхой черной) видами в древостое и подросте. Рассчитывались площади, где указанные виды доминируют и встречаются в различных сочетаниях.

Как отмечено выше, в древесном ярусе на территории заповедника доминируют пионерные виды. Вместе с тем, при расчете по формуле древостоя без учета единичных видов поздне-сукцессионные виды присутствуют на 37.8% площади заповедника, а с учетом единичных видов доля площади, где они встречаются, возрастает до 64.7% (табл. 2). В подросте преобладают поздне-сукцессионные виды деревьев: среди доминантов лидирующее положение занимают ель (43% площади заповедника) и липа (12.7). Площадь, на которой ель и липа встречаются в составе подроста вместе, практически равна площади, на которой встречается только ель (30 и 29% соответственно). В целом зональные эдификаторы в составе подроста отмечены на 68% площади заповедника (табл. 2).

**Участие позднесукцессионных видов деревьев в составе древостоя и подроста на территории Приокско-Террасного заповедника, % от площади заповедника**

Позднесукцессионные виды	Древостой (без учета единичных видов)	Древостой (с учетом единичных видов)	Подрост
Мх	15.8	23.3	28.1
Рс	11.9	19.2	31.2
Q	10.1	21.2	8.1
A	0	1	0.7
Всего	37.8	64.7	68.1

Примечания: Мх – ель и широколиственные виды, Рс – только ель, Q – только широколиственные виды, A – ольха черная.

Преобладание в подросте ели и липы при их малом по запасу участии в составе древостоя свидетельствует о сукцессионных процессах, происходящих на территории заповедника. Пионерные виды деревьев сменяются позднесукцессионными, формируется хвойно-широколиственный субклимакс - смешанный елово-липовый лес с полосами черноольшаников вдоль водотоков. Оценки сукцессионного состояния растительности Приокско-Террасного заповедника, полученные с использованием только таксационных данных, соответствуют полученным ранее результатам геоботанических и популяционно-демографических исследований [8, 13].

Важное значение при составлении прогнозов развития лесных массивов имеет анализ пространственного размещения участков растительного покрова с присутствием позднесукцессионных видов в древостое и подросте. Выделы с участием этих видов в древостое рассматриваются как источники зачатков для соседних выделов, находящихся в радиусе дальности диссеминации (к примеру, для широколиственных видов – в радиусе 150–300 м). Сопоставление среднего расстояния между участками растительного покрова, имеющими в составе популяции позднесукцессионных видов, с дальностью диссеминации этих видов можно использовать для оценки возможностей их расселения и прогноза сукцессионной динамики растительности. При анализе пространственного расположения

выделов и участков растительности с различными характеристиками древостоя и подроста удобно использовать технологии геоинформационных систем (ГИС). Так, например, для Приокско-Террасного заповедника с помощью средств ГИС было рассчитано, что расстояние между участками с доминированием ели намного меньше дальности ее диссеминации, в то время как для липы отмечается обратная ситуация [9]. Соответственно, можно заключить, что в дальнейшем будет продолжаться усиление позиций ели в растительном покрове заповедника.

**Анализ чувствительности выделенных типов леса к изменению типа условий местообитаний и бонитетов древостоя.** С целью исследования динамики параметров биоразнообразия был проведен анализ чувствительности выделенных типов леса к изменению типа условий местообитания (ТУМ), определенного по системе Воробьева-Погребняка [2], и к изменению бонитета насаждения. При этом выявляли, насколько коррелирует тип леса с характеристиками богатства и влажности почвы, отраженными в лесотаксационном показателе ТУМ, и бонитетом насаждения.

Для всех выделов заповедника был проведен анализ изменений типов леса, выделенных по эколого-ценотической классификации, вдоль градиентов типа условий местообитания и бонитета древостоев. Анализировалось изменение типов леса вдоль градиентов богатства почвы (от А к D) и увлажнения почвы (от 1 к 5); бонитета от Ia до IV.

Анализ показал наличие хорошо выраженных трендов эколого-ценотической структуры напочвенного покрова в зависимости от анализируемых параметров: на рис. 4. для выделов с доминированием ели и сосны для каждого варианта ТУМ и бонитета показаны доли выделов, относящихся к разным типам леса, т.е. изменение доли выделов с доминированием различных ЭЦГ в напочвенном покрове.

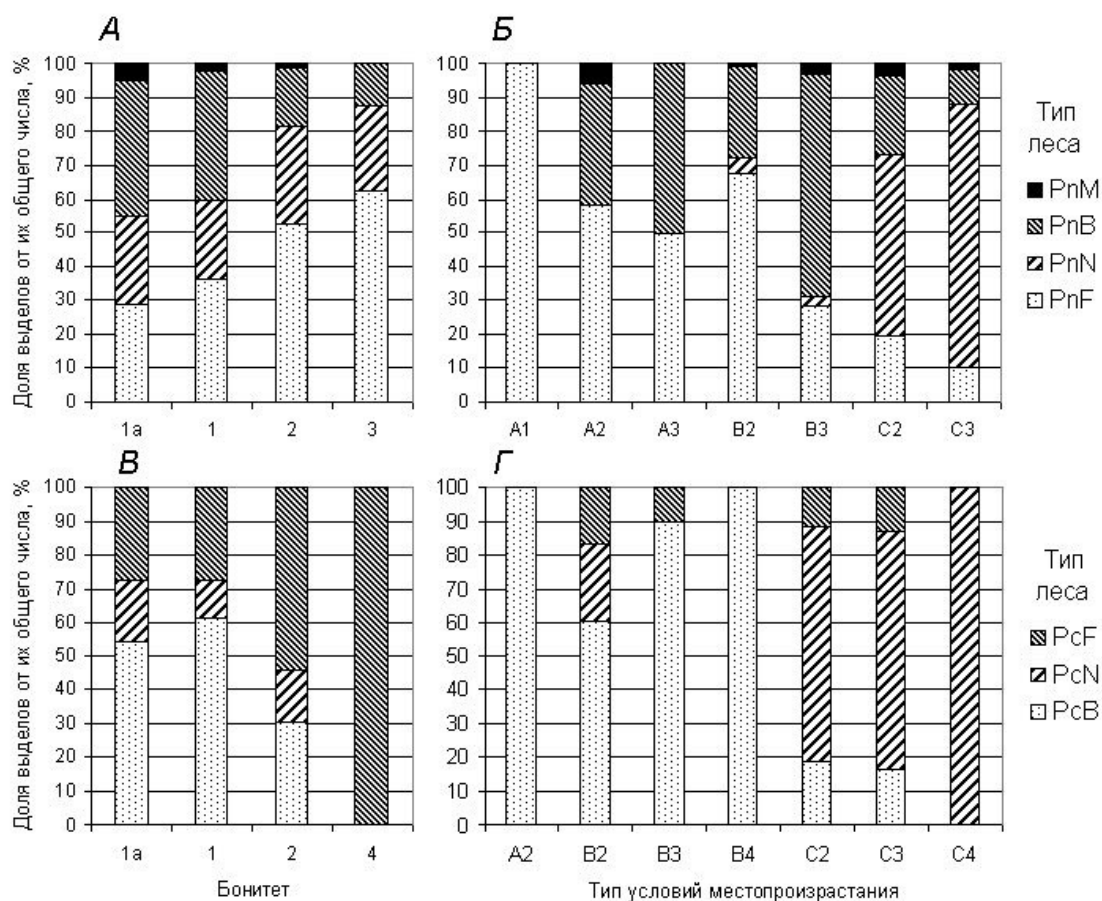


Рис. 4. Процент выделов с доминированием сосны (А, Б) и ели (В, Г), относящихся к различным типам леса, при разных бонитетах древостоев (А, В) и типах условий местообитания (Б, Г): индексы типов леса состоят из сочетания обозначений доминирующей породы (Pn – сосна, Pc – ель) и доминирующей в напочвенном покрове эколого-ценотической группы (М – лугово-опушечная, В – бореальная, N – неморальная, F – боровая).

По мере уменьшения бонитета древостоя от Ia к IV в сосновых насаждениях происходит уменьшение доли выделов с доминированием в напочвенном покрове неморальных видов и увеличение доли выделов с доминированием боровых видов (рис. 4, А). В еловых насаждениях по мере уменьшения бонитета также уменьшается доля выделов с доминированием в напочвенном покрове неморальных видов, но при этом возрастает доля выделов с доминированием бореальных видов (рис. 4, В). При переходе от бедных к богатым местообитаниям (например, рис. 4, Б, Г) во всех случаях возрастает доля выделов с доминированием неморальных видов, при этом в березовых и осиновых насаждениях увеличивается также доля выделов с доминированием нитрофильных видов. По мере увеличения увлажнения почвы в еловых насаждениях на бедных почвах происходит увеличение доли выделов с доминированием бореальных видов, а на богатых

– увеличение доли выделов с доминированием неморальных видов (рис. 4, Г). По мере увеличения увлажнения почвы в березовых насаждениях на бедных почвах также происходит увеличение доли выделов с доминированием бореальных видов, но при этом на богатых почвах увеличивается доля выделов с доминированием нитрофильных видов.

Выявленные тренды позволяют использовать эколого-ценотические группы при прогнозе изменений типов растительности в условиях изменений типов условий местообитания и бонитета древостоев, происходящих как в ходе спонтанных сукцессий, так и в результате лесохозяйственной деятельности.

**Заключение.** Разработан оригинальный алгоритм оценки разнообразия напочвенного покрова по данным лесной таксации с привлечением информации из региональных баз данных по растительности. Реализация алгоритма для детальной оценки разнообразия больших территорий возможна благодаря использованию технологий баз данных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бобровский М.В., Ханина Л.Г., Смирнов В.Э.* Методы оценки биоразнообразия растительности по лесотаксационным данным // Биология – наука XXI века: 6-я Пущинская школа – конф. молодых ученых. Сб. тез. Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л.Н.Толстого, 2002. Т. 2. С. 19–20.
2. *Воробьев Д.П.* Типы лесов европейской части СССР. Киев: Изд-во АН УССР, 1953. 450 с.
3. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР. Л.: БИН АН СССР, 1989. 63 с.
4. *Зозулин Г.М.* Исторические свиты растительности // Ботан. журн. 1973. Т. 58. № 8. С. 1081–1092.
5. Критерии и индикаторы для сохранения и устойчивого управления умеренных и бореальных лесов. Монреальский процесс. М.: ВНИИЦлесресурс, 1995. 25 с.
6. Критерии и индикаторы устойчивого управления лесами Российской Федерации. М.: ВНИИЦлесресурс, 1998. 25 с.
7. *Ниценко А.А.* Об изучении экологической структуры растительного покрова // Ботан. журн. 1969. Т. 54. № 7. С. 1002–1014.
8. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / Под ред. Заугольной Л.Б. М.: Научный мир, 2000. 185 с.
9. *Смирнов В.Э., Бобровский М.В., Ханина Л.Г., Глухова Е.М.* Динамика растительности Приокско-Тerrasного заповедника на основе анализа данных лесной таксации 1982 и 1999 гг. // Актуальные проблемы геоботаники. Современные направления исследований в России: методологии, методы и способы обработки материалов. Петрозаводск, 2001. С. 167–168.
10. *Смирнова О.В., Бобровский М.В., Ханина Л.Г.* Использование демографических методов для оценки и прогноза сукцессионных процессов в лесных ценозах // Бюлл. МОИП. Сер. биол. 2001. Т. 106. № 5. С. 26–34.
11. *Смирнова О.В., Заугольная Л.Б., Ханина Л.Г., Бобровский М.В., Торопова Н.А.* Популяционные и фитоценотические методы анализа биоразнообразия растительного покрова // Сохранение и восстановление биоразнообразия. Уч.-метод. издание. М.: Изд-во НУМЦ, 2002. С. 145–194.

12. *Смирнова О.В., Чистякова А.А., Попадюк Р.В., Евстигнеев О.И., Коротков В.Н., Митрофанова М.В., Пономаренко Е.В.* Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере лесов европейской части СССР). Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1990. 92 с.
13. Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / Под ред. Смирновой О.В., Шапошникова Е.С. СПб.: Рос. ботан. общ-во, 1999. 549 с.
14. Физико-географическое районирование Нечерноземного центра. М.: Изд-во МГУ, 1963. 450 с.
15. *Ханина Л.Г., Смирнов В.Э., Бобровский М.В.* Новый метод анализа лесной растительности с использованием многомерной статистики (на примере заповедника «Калужские засеки») // Бюлл. МОИП. Сер. биол. 2002. Т. 107. № 1. С. 40–48.
16. *Khanina L.G., Bobrovsky M.V., Mikhailov A., Smirnov V.E., Komarov A.S., Chertov O.G.* Quantitative assesment of forest biodiversity and dynamic ecosystem modeling // Decision support for multiple purpose forestry. A transdisciplinary conference on the development and application of decision support tools for forest management. Vienna, April 23-35 2003. Vienna, 2003. P. 56.
17. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe (MCPFE). Sound Forestry - Sustainable Development. Helsinki: Ministry of Agr. and For., 1993. 161 p.
18. The improved pan-European indicators for sustainable forest management. Proc. of the 4<sup>th</sup> Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe (MCPFE). Vienna, Austria. 2003. <http://www.mcpfe.org/livingforests Summit>.