

УДК 581.524+630\*187

## ФАКТОРЫ ТИПОЛОГИЧЕСКОГО И ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСОВ ЗАУРАЛЬСКОЙ ХОЛМИСТО-ПРЕДГОРНОЙ ПРОВИНЦИИ

Иванова Н.С., Золотова Е.С.

*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, e-mail: i.n.s@bk.ru*

Для Зауральской холмисто-предгорной провинции (Средний Урал) проведено изучение структуры лесной растительности в топоэкологическом профиле. Проанализировано влияние факторов увлажнения, мощности и pH почв на типологическое и видовое разнообразие лесной растительности. Для 10 типов леса получены данные о видовой насыщенности, характеризующие естественный уровень биоразнообразия растительности, необходимый для поддержания устойчивости природных экосистем, и выявлены закономерности его изменения в зависимости от экотопа. Установлено, что типы леса, занимающие определенное положение в рельефе, характеризуются определенным уровнем видового разнообразия. Положительно влияют на биоразнообразие мощность почв, устойчивость увлажнения; отрицательно – недостаточность или избыточность увлажнения, кислая реакция водной вытяжки почв, доминирование *Picea obavata* Ledeb. Совместное действие указанных факторов приводит к многообразию лесных экосистем и их специфичной структуре.

**Ключевые слова:** сосновые леса, темнохвойные леса, видовое разнообразие, увлажнение, мощность почв, кислотность почв, генетическая типология

## FACTORS OF RICHNESS IN TYPOLOGY AND SPECIES OF FORESTS IN THE ZAURALSKY HILLY PIEDMONT PROVINCE

Ivanova N.S., Zolotova E.S.

*Botanical Garden of Ural Branch RAS, Yekaterinburg, e-mail: i.n.s@bk.ru*

For the Zauralsky hilly piedmont province (Middle Urals) in topoecological profile of forest vegetation the structure was studied. The influence of the factors dampening, power, and the pH of soil typological and species diversity of forest vegetation was analyzed. For 10 forest types data of species richness was obtained, that characterize the natural level of vegetation biodiversity necessary to maintain the stability of natural ecosystems and the regularities of its changes depending on the ecotope was identified. It is established that the types of forests, which occupy a certain position in the landscape, characterized by a certain level of species diversity. Positive impact on biodiversity capacity of soil, moisture resistance, the negative – failure or excessive moisture, acid reaction of the aqueous extract of soil, the dominance of the *Picea obavata* Ledeb. The combined effect of these factors leads to a diversity of forest ecosystems and their specific structure.

**Keywords:** pine forests, dark-coniferous forests, richness in species, moistening, soil power, soil pH, forest typology

Поддержание биологического разнообразия на всех уровнях организации живой материи – жизненно необходимая задача человечества [1]. Выявление факторов, определяющих разнообразие растительных сообществ, признается одной из самых сложных задач [5]. В связи с интенсивной эксплуатацией лесного покрова данная проблема приобретает особую актуальность. Теоретической основой природоохранных мероприятий является представление о положительной связи между устойчивостью сообщества и его биоразнообразием [8]. Однако характер связи до сих пор не установлен. С одной стороны, мы верим в положительную связь устойчивости сообществ и их разнообразия, с другой, нельзя отбрасывать потерю устойчивости математических моделей с ростом сложности описываемых систем [8, 4]. Это противоречие убеждает в недостаточности наших знаний о структурной организации и функционировании природных систем и обосновывает актуальность дальнейших исследований данной проблемы. На сегодняшний день предложено много десятков гипотез о причинах формирования видового богатства [11].

Б.М. Миркиным с соавторами [6] детально рассмотрены 10 факторов, определяющих разнообразие лесной растительности на Южном Урале, выявлены наиболее значимые из них. Для Среднего Урала хорошо изучен вопрос повышения продуктивности лесов [2], но региональным особенностям формирования разнообразия лесной растительности уделено ничтожное внимание.

**Цель работы** – на основе подходов генетической типологии исследовать факторы, определяющие видовое разнообразие растительности, и его лесотипологические особенности в субкоренных южно-таежных лесах Зауральской холмисто-предгорной провинции.

### Материал и методика исследований

Исследования проводились в пределах 57°00'–57°05' с.ш. и 60°15'–60°25' в.д. Район изучения – расчлененное предгорье. Абсолютные высоты 200–500 м над ур. м. [3]. Старовозрастные леса сохранились в данном регионе на крайне незначительной площади и находятся под угрозой полного уничтожения.

Исследования проведены в широком градиенте лесорастительных условий. Всего изучено 10 основных условно-коренных типов леса. Особенности лесорастительных условий и почвенного покрова приведены в табл. 1.

Таблица 1

Лесорастительные условия и основные условно-коренные типы леса южно-таежных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции (по Б.П. Колесникову и др. [3])

| Положение в рельефе  | Тип леса  | Мощность профиля (аккумулятивный горизонт), см   |
|--|---|--|
| <b>Дренажные местообитания</b><br><i>Свежие, периодически сухие местообитания</i>                      |   |  |
| Вершины и верхние половины склонов возвышенностей  | Сосняк брусничниковый, С бр.                            | Менее 40 (10); горно-лесные примитивно-аккумулятивные хрящеватые суглинки                |
| <i>Устойчиво свежие местообитания</i>  |   |  |
| Вершины спокойных возвышенностей, пологие склоны   | Сосняк ягодниковый, С яг.                               | Менее 30 (7); горно-лесные примитивно-аккумулятивные щебнистые супеси                    |
| Придолинные склоны со щебнем горных пород  | Ельник-сосняк зеленомошничково-ягодниковый, Е-С зм. яг. | 50–60 (8); дерново-слабоподзолистые щебнистые суглинистые почвы                          |
| Средние и нижние части пологих склонов   | Сосняк орляковый, С орл.                                | 70–80 (10); дерново-слабоподзолистые грунтово-оглеенные почвы                            |
| Невысокие водораздельные возвышенности   | Сосняк травяно-липняковый, С тр. лп.                    | 50–60 (10); дерново-слабоподзолистые щебнистые на суглинистом элювии-делювии             |
| <i>Свежие, периодически влажные местообитания</i>  |   |  |
| Ровные приподнятые участки водоразделов, пологие склоны  | Сосняк разнотравный, С ртр.                             | 90 (8); дерново-слабоподзолистые на суглинистом элювии-делювии                           |
| Приподнятые участки ровных водоразделов и депрессий  | Сосняк мшисто-черничниковый, С-Тх мш. чер.              | 60 (9); неполноразвитые поверхностно-оглеенные на водоупоре из плотных пород             |
| Дренажные нижние части придолинных склонов   | Ельник травяно-зеленомошничковый, Е тр. зм.             | 120 (9); дерново-слабоподзолистые тяжелые почвы  |
| <b>Слабодренажные и заболоченные местообитания</b><br><i>Влажные, периодически сырые местообитания</i> |   |  |
| Дренажные шлейфы придолинных склонов   | Сосняк-ельник разнотравно-высокотравный, С-Е втр.       | 170 (10); супесчаные дерново-слабоподзолистые на суглинистом элювии-делювии горных пород |
| Бессточные котловины и межувальные западины  | Сосняк кустарничково-сфагновый, С кс. сф.               | Более 100 (15); поверхностно-заболоченные торфянисто-глеевые                             |

Нами проведены комплексные лесогеоботанические исследования. Выполнены: таксация древостоя, учет подростов древесных растений, определение проективного покрытия и продуктивности видов травяно-кустарничкового яруса, заложены полнопрофильные почвенные разрезы (названия даны в соответствии с Б.П. Колесниковым и др. [3] и В.П. Фирсовой [10]). Характеристика растительности изученных типов леса приведена в табл. 2, доминирующие и диагностические виды в табл. 3.

### Результаты исследований и их обсуждение

Устойчивость водного режима на дренажных участках зависит от экспозиции склонов и мощности почв. Мощность почв для района исследований, как правило, увеличивается от верхних элементов рельефа к нижним (см. табл. 1), что хорошо согласуется с литературными данными [7, 9].

Таблица 2

Характеристика на стадиях спелости растительности условно-коренных лесов

| Шифр типа леса | Древостой         | Травяно-кустарничковый ярус |                    | Моховой ярус            |
|----------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|
|                | Состав            | Проективное покрытие, %     | Средняя высота, см | Проективное покрытие, % |
| С бр.          | 10С + Б, Л        | 20–40                       | 20–30              | 3–10                    |
| С яг.          | 10С + Б, Л        | 30–50                       | 20–30              | 5–20                    |
| Е-С зм. яг.    | 8С1Л1Б + Е        | 20–30                       | 20–30              | 10–20                   |
| С орл.         | 10С + Б, Лп, Е    | 70–90                       | 70–80              | 5–10                    |
| С тр. лп.      | 7С1Л1Б1Лп + Е, П  | 20–30                       | 25–30              | 1–5                     |
| С ртр.         | 10С + Б, Лп, Е, Л | 80–100                      | 40–50              | 1–2                     |
| С-Тх мш. чер.  | 10С + Б, Л, Е     | 60–70                       | 40–50              | 70–90                   |
| Е тр. зм.      | 6Е4Б              | 15–25                       | 6–8                | 2–4                     |
| С-Е втр.       | 5Е3С2Б + П, Ос    | 50–60                       | 40–50              | 30–40                   |
| С кс. сф.      | 10С + Б           | 30–50                       | 30–50              | 50–60                   |

Таблица 3

Диагностические и доминирующие виды травяно-кустарничкового яруса условно-коренных лесов

| Шифр типа леса | Диагностические виды   | Доминирующие виды   |
|----------------|--|---|
| С бр.          | <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Antennaria dioica</i>  | <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i>   |
| С яг.          | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Fragaria vesca</i>  | <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Rubus saxatilis</i>  |
| Е-С зм. яг.    | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Oxalis acetosella</i>   | <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Oxalis acetosella</i>                               |
| С орл.         | <i>Pteridium aquilium</i>  | <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Pteridium aquilium</i>   |
| С тр. лп.      | <i>Tilia cordata</i> , <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Lathyrus vernus</i>   | <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Lathyrus vernus</i>  |
| С ртр.         | <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Lathyrus vernus</i> , <i>Heracleum sibiricum</i> , <i>Viola mirabilis</i>  | <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Rubus saxatilis</i>  |
| С-Тх мш. чер.  | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Sphagnum</i>   | <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i>   |
| Е тр. зм.      | <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Asarum europaeum</i> , <i>Gymnocarpium dryopteris</i>  | <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Asarum europaeum</i>  |
| С-Е втр.       | <i>Angelica sylvestris</i> , <i>Circaea alpina</i> , <i>Cirsium oleraceum</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Aconitum excelsum</i> , <i>Gymnocarpium dryopteris</i> | <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Equisetum sylvaticum</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Aconitum excelsum</i> |
| Е-К хв. мш.    | <i>Equisetum sylvaticum</i> , <i>Sphagnum</i>  | <i>Equisetum sylvaticum</i> , <i>Filipendula ulmaria</i>  |
| С кс. сф.      | <i>Sphagnum</i> , <i>Eriophorum vaginatum.</i> , <i>Oxycoccus palustris</i>  | <i>Sphagnum</i> , <i>Eriophorum vaginatum.</i>  |

В генетической типологии режим увлажнения – основной диагностический признак типа леса. Нами проанализирована зависимость видовой насыщенности (число видов на 1 м<sup>2</sup>) от данного показателя (рис. 1). Рисунок наглядно показывает четкую дифференциацию дренированных местообитаний (суходолов) и заболоченных. Кроме того, отчетливо видно, что тип леса генетической типологии занимает определенную область в осях увлажнения и видовой насыщенности. Наименьшая видовая насыщенность отмечается для наиболее сухих (сосняков

брусничниковых) и переувлажненных (сосняков кустарничково-сфагновых) типов леса. Для дренированных местообитаний прослеживается тенденция увеличения видовой насыщенности с усилением устойчивости увлажнения. Снижение видовой насыщенности от сосняка разнотравного к сосняку-ельнику разнотравно-высокотравному объясняется усилением эдификаторной роли ели сибирской. Аналогичные выводы можно сделать из следующего рисунка (рис. 2). На нем показана зависимость видовой насыщенности от мощности почв.

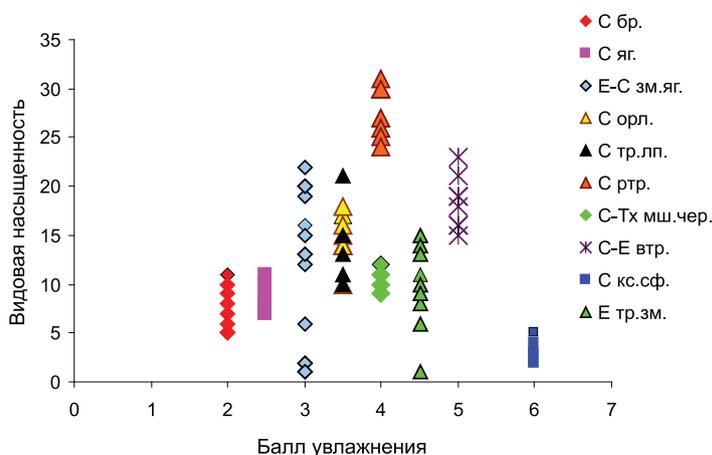


Рис. 1. Зависимость видовой насыщенности травяно кустарничкового яруса (число видов на 1 м<sup>2</sup>) от увлажнения почвогрунтов (баллы по типологическим таблицам Б.П. Колесникова и др. [3])

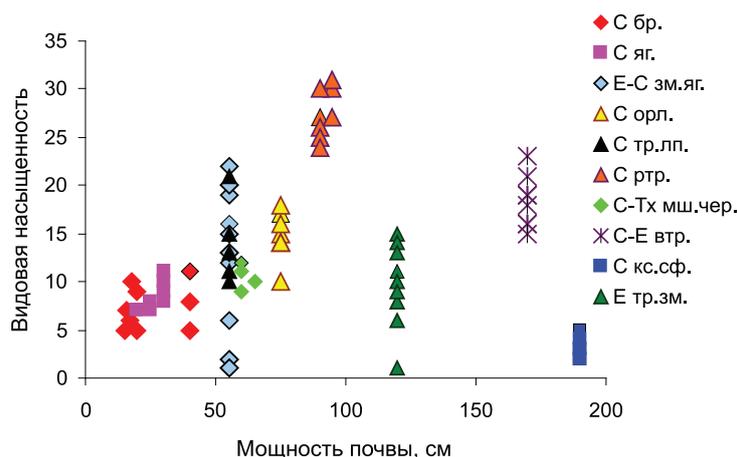


Рис. 2. Зависимость видовой насыщенности травяно-кустарничкового яруса (число видов на  $1 \text{ м}^2$ ) от мощности почв (см)

При исследовании почвы рН – одна из наиболее важных характеристик. Она является индикатором содержания в почве элементов минерального питания. Для изученных дренированных местообитаний характерны горно-лесные примитивно-аккумулятивные и дерново-подзолистые почвы со слабокислой или близкой к нейтральной реакцией водной вытяжки. Для заболоченных типов леса, сосняка ку-

старничково-сфагнового характерны торфянисто-глеевые почвы со среднекислой реакцией водной вытяжки (рис. 3). Также из рис. 3 видно, что для многих типов леса происходит увеличение значения рН от верхних к нижним горизонтам профиля, но для некоторых (сосняка брусничникового, ельника-сосняка зеленомошничково-ягодникового) наблюдается обратная тенденция.

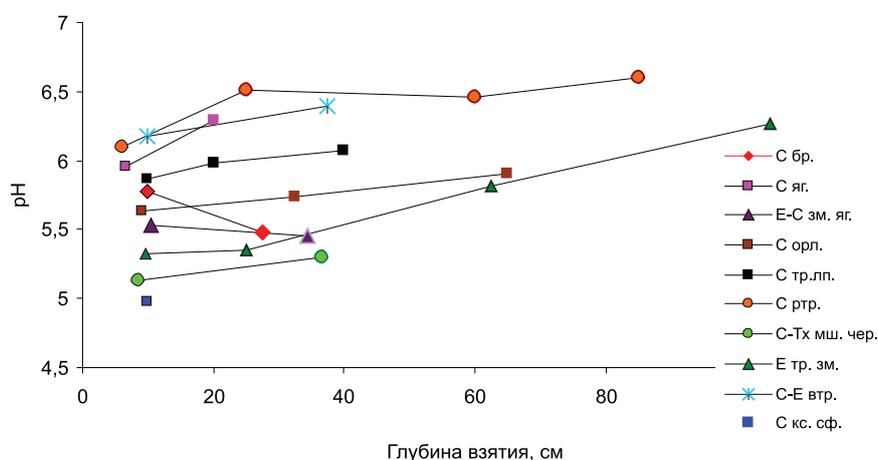


Рис. 3. Зависимость рН водной вытяжки почв от типа леса и глубины взятия образца (см)

Построены зависимости количества видов от рН водной вытяжки аккумулятивного горизонта ( $A_1$ ,  $A_2B$ ) (рис. 4). Наибольшее видовое разнообразие наблюдается для щелочных почв под сосняком разнотравным, а наименьшее для кислых почв под сосняком кустарничково-сфагновым. Сосняк-ельник разнотравно-высокотравный несколько выпадает из общей тенденции, несмотря на благоприятную рН верхнего горизонта, он имеет небольшую видовую насыщенность, что связано с особенностью данного типа леса – боль-

шим участием в древостое и подросте ели сибирской.

Очевидно, что видовое разнообразие зависит от интенсивности развития травяно-кустарничкового яруса. В качестве интегральной характеристики его развития принята фитомасса в абсолютно-сухом состоянии. Зависимость между ней и видовой насыщенностью приведена на рис. 5. Намечаются 2 тенденции: увеличение видовой насыщенности до фитомассы трав  $100 \text{ г/м}^2$ ; при дальнейшем увеличении фитомассы трав – наблюдается снижение видовой насыщенности.

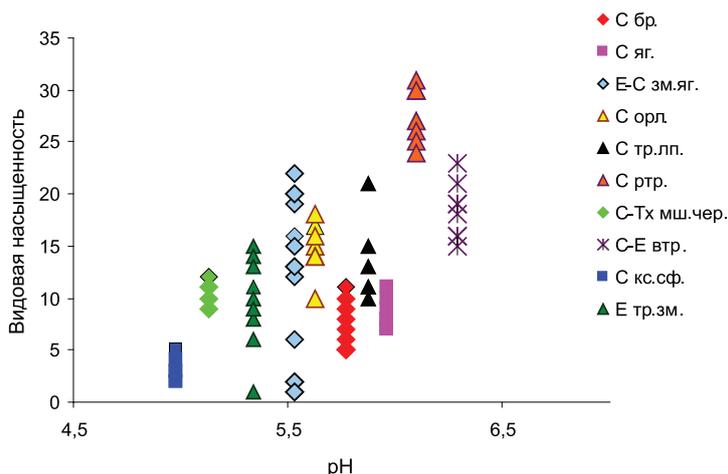


Рис. 4. Зависимость видовой насыщенности травяно-кустарничкового яруса (число видов на 1 м<sup>2</sup>) от рН водной вытяжки аккумулятивного горизонта почв

Проведенный лесотипологический анализ показал, что типы леса генетической типологии характеризуются специфичной структурной организацией и занимают определенное положение в рассматриваемых осях. В пределах типа леса тенденции

увеличения-уменьшения видовой насыщенности с ростом фитомассы травяно-кустарничкового яруса четко не проявляются. Для отдельных типов леса (рис. 5а) характерно достаточно ограниченное пространство, для других более размытое (рис. 5б).

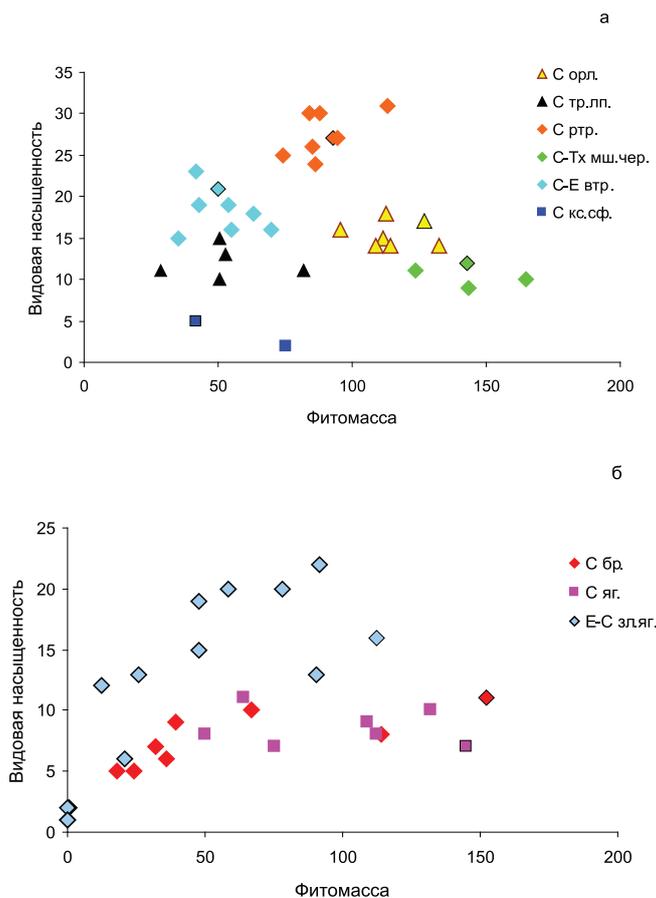


Рис. 5. Зависимость видовой насыщенности травяно-кустарничкового яруса (число видов на 1 м<sup>2</sup>) от его продуктивности

### Заключение

Лесотипологический анализ выявил особенности структурной организации старовозрастных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции, влияние на видовое разнообразие таких факторов, как режим увлажнения, мощность и кислотность почв, интенсивность развития травяно-кустарничкового яруса. Положительно влияют на биоразнообразие мощность почв, устойчивость увлажнения; отрицательно – недостаточность или избыточность увлажнения, кислая реакция водной вытяжки почв, доминирование ели сибирской. Совместное действие указанных факторов приводит к многообразию лесных экосистем и их специфичной структуре. Типы леса, занимающие определенное положение в топоэкологическом профиле, характеризуются определенным уровнем видового разнообразия. Впервые для 10 преобладающих субкоренных типов леса южно-таежного округа Зауральской холмисто-предгорной провинции получены данные о видовой насыщенности, характеризующие естественный уровень биоразнообразия растительности, необходимый для поддержания устойчивости природных экосистем и закономерности его изменения в зависимости от экотопа. Результаты исследований могут служить эталонами для сравнения при изучении биоразнообразия преобладающих по площади производных сообществ.

Представляет интерес изучение влияния уровня биоразнообразия на восстановительно-возрастные смены растительности после нарушений разной природы и интенсивности. Это – задача наших дальнейших исследований.

*Работа выполнена при частичной поддержке Программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (проект 09-П-4-1039), Целевой программы, выполняемой в содружестве УрО РАН и СО РАН (интеграционный проект 09-С-4-1011).*

### Список литературы

1. Биоразнообразие и динамика экосистем: информационные технологии и моделирование / отв. ред. В.К. Шумный, Ю.И. Шокин, Н.А. Колчанов, А.М. Федотов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – 648 с.
2. Залесов С.В., Луганский Н.А. Повышение продуктивности сосновых лесов Урала. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. – 330 с.
3. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области: практическое руководство. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. – 176 с.
4. Ланкин Ю.П., Печуркин Н.С. Адаптивная самоорганизация природных экосистем // Математическое моделирование в экологии: материалы Второй Национальной конференции с международным участием ЭкоМатМод-2011 (г. Пушино, 23–27 мая 2011). – Пушино: ИФХиБПП РАН, 2011. – С. 149–151.
5. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности: история и современное состояние основных концепций. – Уфа: Гилем., 1998. – 410 с.
6. Миркин Б.М. Анализ факторов, определяющих видовое богатство сообществ лесов Южного Урала / Б.М. Миркин, В.Б. Мартыненко, П.С. Широких, Л.Г. Наумова // Журнал общей биологии. – 2010. – Т. 71, № 2. – С. 131–143.
7. Миронов Б.А. Изучение гидрологической роли лесов при комплексных биогеоценотических исследованиях на Южном Урале // Эколого-географические принципы изучения лесов: сборник статей. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. – С. 135–139.
8. Суховольский В.Г. Моделирование экологических систем: проблемы и возможные решения // Математическое моделирование в экологии: материалы Второй Национальной конференции с международным участием ЭкоМатМод-2011 (г. Пушино, 23–27 мая 2011). – Пушино: ИФХиБПП РАН, 2011. – С. 159–161.
9. Фильрозе Е.М. Экология лесов Западной Башкирии / Е.М. Фильрозе, А.Е. Рябчинский, Г.М. Гладушко, А.В. Конашов. – Свердловск: УрО РАН СССР, 1990. – 200 с.
10. Фирсова В.П. Почвы таежной зоны Урала и Зауралья. – М.: Наука, 1977. – 176 с.
11. Palmer M.W. Variation in species richness: towards a unification of hypotheses // Folia Geobotanica. – 1994. – Vol. 29, № 4. – P. 511–530.

### Рецензенты:

Мартыненко В.Б., д.б.н., зав. лабораторией геоботаники и охраны растительности «Институт биологии Уфимского научного центра РАН», г. Уфа;

Шиятов С.Г., д.б.н., профессор, ведущий научный сотрудник Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург.  
Работа поступила в редакцию 29.08.2011.