

УДК 630*182.2+574.42+630*114

ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И СВОЙСТВ ПОЧВ ГОРНЫХ ЛЕСОВ УРАЛА

Иванова Н.С., Золотова Е.С.

*ФГБУН Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия (620144, г. Екатеринбург, ул. 8-Марта, 202)
i.n.s@bk.ru*

Для Зауральской холмисто-предгорной провинции (Средний Урал, Россия) выявлены особенности восстановительной динамики лесной растительности и свойств почв после сплошных рубок в распространенном, но наименее изученном типе леса – сосняке ягодниково-липняковом, выделенном на основе принципов генетической типологии. Проведены комплексные лесогеоботанические и почвенные исследования. Изучен временной ряд производных растительных сообществ от однолетних рубок до 55-летних березняков. Впервые проведен анализ сопряженности восстановительной динамики древесного, травяно-кустарничкового ярусов и некоторых водно-физических свойств почв после сплошных рубок. Анализ выполнен на основе дифференциальных логистических уравнений, определены динамические характеристики: характерные моменты времени, емкость экологической ниши, периоды динамики и время, необходимое для стабилизации структуры. Показано, что на ранних сукцессионных стадиях запас фитомассы поддерживается травянистой растительностью и на один порядок меньше, чем в зрелых производных сообществах (березняках ягодниково-липняковых). Характерные моменты времени для вводно-физических свойств почв аналогичны между собой и составляют для верхнего горизонта 5.99 года, для нижнего – 14.93 лет.

Ключевые слова: тип леса, лесные почвы, рубки, производные растительные сообщества, березняки, восстановительная динамика, моделирование, дифференциальные логистические уравнения.

RECOVERY DYNAMICS OF VEGETATION AND SOIL PROPERTIES OF THE MOUNTAIN FORESTS OF THE URAL

Ivanova N.S., Zolotova E.S.

Botanical Garden Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia (620144, Yekaterinburg, 8th March Str., 202), i.n.s@bk.ru

We revealed features of recovery dynamics of forest vegetation and soil properties after clearcutting in the Zauralsky hilly piedmont province (Middle Urals, Russia). The researches were conducted in widespread, but the least studied forest type – berry pine forest with linden. Forest type, we have identified based on the principles of genetic typology. Complex forest geobotanical and soil researches were carried out. A time series of derivative plant communities from one-year cuttings to 55-year birch forests were studied. We for the first time carried out the analysis of an associativity of recovery dynamics of wood grass-bush layers of forest vegetation and soils water-physical properties after clear-cutting. The analysis was made on the basis of the differential logistic equations, dynamic parameters were determined: characteristic timepoints, capacity of an ecological niche, periods of dynamics and time necessary for stabilization of structure. It is shown that on early successional stages the stock of biomass is supported by grassy vegetation and one order less, than in mature derivative communities (berry birch forest with linden). Characteristic timepoints for soils water-physical properties are similar to each other and make for the upper horizon of 5.99 years, for the lower - 14.93 years.

Key words: forest type, forest soils, cutting, derivative plant communities, birch forest, recovery dynamics, modeling, differential logistic equations.

Высокие темпы уничтожения естественных экосистем и снижение биоразнообразия ставят под угрозу стабильность биосферы и жизнеобеспечения человечества [23, 34]. Чрезвычайно актуальной становится проблема сохранения и восстановления лесных экосистем. Леса Урала являются частью пояса хвойных лесов Северного полушария и имеют исключительное значение в формировании климата и стабильности экологической обстановки [25]. Однако уже более 250 лет они подвержены сильному антропогенному

воздействию. Коренные леса сохранились на крайне незначительной площади в труднодоступных местах и на особо охраняемых территориях. В структуре лесного фонда преобладают производные леса, находящиеся на различных этапах дигрессивно-демутационных смен. Их продуктивность и экосистемные функции снижены по сравнению с коренными лесами [23]. В целях устойчивого лесопользования и прогнозирования развития лесных экосистем Урала важно выявить основные тенденции лесовосстановительного процесса, возможность и скорость восстановления исходных экосистем и их средообразующих функций. В связи с детальной изученностью восстановительно-возрастной динамики древесного яруса [15, 16, 20] в наших исследованиях основной акцент делается на тенденции трансформации травяно-кустарничкового яруса и лесных почв, которые оставались практически не изученными.

Цель исследований: выявление особенностей восстановительной динамики лесной растительности и свойств почв после сплошных рубок в распространенном, наиболее продуктивном, но наименее изученном типе леса южно-таежного округа Зауральской холмисто-предгорной провинции (Средний Урал) – сосняке ягодниково-липняковом. В связи с поставленной целью решались следующие задачи: установление тенденций восстановительной динамики растительности и свойств почв, формализация полученной информации в виде моделей, определение емкости экологической ниши и характерных моментов времени для древесного, травяно-кустарничкового ярусов и некоторых водно-физических свойств почв.

Материал и методика

Работа основана на принципах генетической типологии [17], методе пробных площадей и общепринятых методиках лесогеоботанических и почвенных исследований. На пробных площадях (0.5 га) проведены таксация древостоя и учет подроста, комплексное изучение травяно-кустарничкового яруса [21], заложены полнопрофильные почвенные разрезы, описана морфология [29], определены некоторые физические и химические свойства почв [19]. Для исследования временных зависимостей использован метод подбора в пространстве участков, находящихся на разных стадиях восстановительно-возрастных смен, и построения из них временных рядов [1]. Изучен временной ряд производных растительных сообществ сосняка ягодниково-липнякового от однолетних вырубков до 55-летних березняков. Возраст древостоя определяли по спилам для молодняков и кернам для древостоев старше 10 лет. Подробное описание структуры растительности и свойств почв условно-коренного типа леса (сосняка ягодниково-липнякового) и его антропогенных вариантов (вырубков) приведено ранее [10, 12].

В качестве интегральной характеристики фитоценотической роли растений использована надземная фитомасса в абсолютно-сухом состоянии. С целью определения продуктивности травяно-кустарничкового яруса на каждой пробной площади закладывали, в зависимости от мозаичности фитоценоза, на двух перпендикулярных трансектах от 7 до 20 учетных площадок 1x1 м. Укосы разбирались по видам и высушивались до абсолютно сухого состояния. Масса лесообразующих древесных видов определена расчетным путем на основе полученных таксационных характеристик. Масса стволов рассчитана по формуле: $M_{ст} = gfh\rho_{др}$, где g – площадь сечения ствола на высоте груди (в молодняках – на половине высоты дерева); f – видовое число. Для березы $f = 0.397 + (1.029/h)$ [14]; h – высота дерева; $\rho_{др}$ – плотность древесины.

Масса кроны рассчитана на основе регрессионных уравнений, учитывающих физиологически обусловленные закономерности (пайп-модель). Для основных лесообразующих видов Урала уравнения получены В.А. Усольцевым [30]. Для березы они имеют вид:

$$\ln M_{л} = -4.3637 + 1.8911 \ln D_{1.3}, \quad \ln M_{ск} = -4.4304 + 2.4645 \ln D_{1.3}$$

Для молодняков используется диаметр у основания кроны ($D_{ок}$):

$$\ln M_{л} = -4.0912 + 2.0650 \ln D_{ок}, \quad \ln M_{ск} = -4.0592 + 2.6826 \ln D_{ок}$$

где $M_{л}$ – масса листьев в абсолютно-сухом состоянии (кг); $M_{ск}$ – масса скелета кроны в абсолютно-сухом состоянии (кг), $D_{1.3}$ – диаметр дерева (см) на высоте 1.3 м, $D_{ок}$ – диаметр у основания кроны.

Для моделирования взаимосвязи динамики древесного и травяно-кустарничкового яруса использована система дифференциальных логистических уравнений [6]:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= A_1 x_1 - B_1 x_1^2 \\ \frac{dx_2}{dt} &= A_2 x_2 - B_2 x_2^2 + C_2 x_1 x_2 \end{aligned} \quad (I)$$

здесь $A=1/\tau$, $B=1/\tau K$, A – специфическая скорость естественного увеличения функции, τ – характерный момент времени, K – предел функции (емкость экологической ниши) – комплексный фактор, произведение x_1 и x_2 – описывают зависимость травяно-кустарничкового яруса от формирующегося древостоя, а C – интенсивность этого взаимодействия.

Первое уравнение в системе описывает восстановительно-возрастную динамику древостоя (березы), второе – подчиненного яруса (травяно-кустарничкового) и его зависимость от древостоя.

Табл. 1. Лесорастительная характеристика и схема классификации для одного типа леса Зауральской холмисто-предгорной провинции – сосняка ягодниково-липнякового по Б.П. Колесникову [17]

Режим увлажнения	Положение в рельефе	Индекс	Тип вырубki		Тип производного насаждения	
			естественные	паловые	коротко-	длительно-и устойчиво-
устойчиво свежие	верхние части придолинных склонов и вершины невысоких холмов	332	липняково-вейниковые	вейниковые	С-Б, С-Б-Ос липняково-травяно-ягодниковые	С с Б, Ос; Б-Ос липняково-травяно-ягодниковые

Детальный анализ моделей приведен у А.П. Базыкина [3], Б.Г. Заславского, Р.А. Полуэктова [9]. Логистические уравнения нашли применение в различных областях: популяционной экологии [2, 5, 6, 28], экономике [4, 8, 26], социологии [18, 24, 26, 32, 33]. На примере горных лесов Южного Урала нами была апробирована данная система уравнений для анализа сопряженности восстановительно-возрастной динамики различных ярусов лесной растительности после сплошных рубок. [11, 35], на примере горных лесов Среднего Урала исследован совместный рост двух лесообразователей [13, 36]. Их использование дало хорошие результаты для анализа экспериментальных данных.

Решение системы дифференциальных уравнений проведено в программе *MathCAD 2001* по методике Г.П. Быстрая [4] с использованием разработанного им программного продукта [18]. Решалась обратная задача. В качестве критерия согласия использован функционал невязок:

$$F(t) = \sqrt{\sum_i (Y_i(t) - Y_i)^2}$$

Y_i – статистические данные, $Y_i(t)$ – теоретические данные.

Для описания восстановительной динамики свойств почв использовано логистическое уравнение

$$\frac{dx}{dt} = A x - B x^2, \quad (II)$$

где x – почвенная характеристика изучаемого горизонта. Например, гигроскопическая влажность гумусового горизонта.

Результаты и обсуждение

После сплошных рубок в сосняках ягодниково-липняковых Зауральской холмисто-предгорной провинции восстановление лесной растительности идет со сменой эдификатора. На вырубках образуется сомкнутый мощно развитый травяно-кустарничковый ярус с густым подростом липы (*Tilia cordata Mill.*) и березы (*Betula pendula Roth.* и *B. pubescens Ehrh.*). На месте коренных сосняков формируются производные березняки ягодниково-липняковые, которые занимают 11 % от общей площади Среднего Урала, и 9 % – в Зауральской провинции [20].

Использование связанных логистических дифференциальных уравнений позволило проследить сопряженность восстановительной динамики древесного и травянистого яруса (рис.1). Установлено, что на вырубках суммарная фитомасса на порядок меньше, чем в зрелых березняках, в структуре надземной фитомассы преобладают травянистые растения. По мере роста древесных растений травяно-кустарничковый ярус разреживается. Его доминирование сохраняется 9–11 лет после рубки. В дальнейшем в структуре фитомассы преобладает береза (*Betula pendula Roth.* и *B. pubescens Ehrh.*) (рис. 1). Фитомасса травяно-кустарничкового яруса максимальна на 1–2-летних вырубках (300–400 г/м² в абсолютно-сухом состоянии), минимальна – в 13–15-летних березняках, после 20 лет она стабилизируется на уровне 50–60 г/м². Характерные моменты времени для березы составляют 1.13 года, для травяно-кустарничкового яруса – 45.45 лет. Емкость экологической ниши для березы – 11606.26 г/м², для травяно-кустарничкового яруса – 188.03 г/м². Выделяется два периода динамики: первые 20–25 лет – период интенсивного роста фитомассы березы и разреживания травяно-кустарничкового яруса, после 20 лет – период стабилизации структуры.

Изучение березняков Среднего Урала было выполнено и другими авторами [15, 16, 20]. Ими исследованы ход роста древостоев различных типов леса, влияние на их развитие антропогенных факторов и рубок ухода, составлены все основные таксационные таблицы и установлено, что березняки ягодниково-липняковые являются наиболее продуктивным производным типом леса. Однако нами впервые проанализирована сопряженность динамики ярусов лесной растительности и получены динамические характеристики не только для древесного яруса, но и для травяно-кустарничкового.

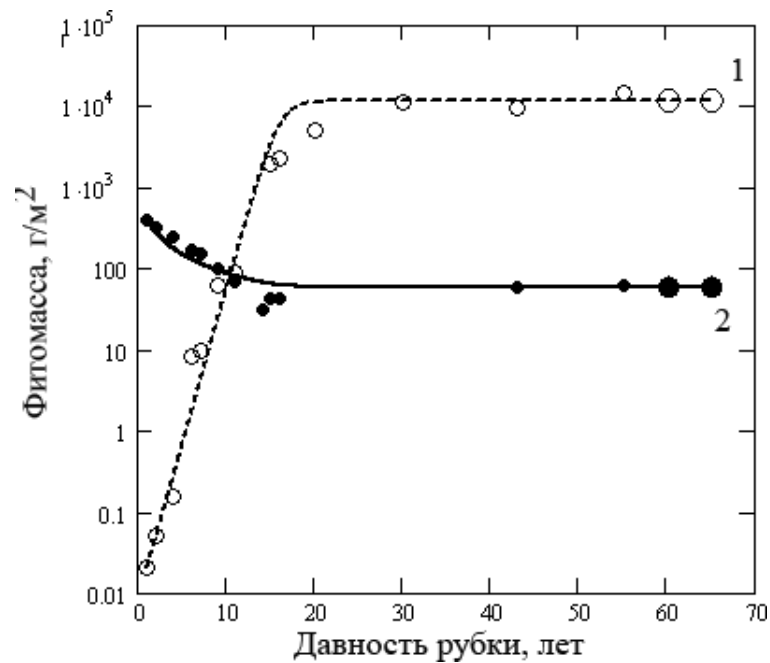


Рис. 1. Восстановительная динамика надземной фитомассы древостоя и травяно-кустарничкового яруса после сплошных рубок сосняков ягодниково-липняковых: 1 – фитомасса березы (г/м^2), 2 – фитомасса травяно-кустарничкового яруса (г/м^2), точки – статистические данные, линии – результаты решения системы зависимых нелинейных логистических уравнений (I) (две последние точки – прогноз вперед на 5 и 10 лет).

Коэффициенты уравнений: $A_1 = 0.882$; $B_1 = 0.000076$; $C_1 = 0$;

$A_2 = 0.022$; $B_2 = 0.00117$; $C_2 = 0.0000041$

Тем не менее без анализа изменений почв после сплошных рубок и восстановления их свойств в процессе возрастных смен древостоев работа не являлась бы полной. Нами выявлено, что под сосняком ягодниково-липняковым Зауральской холмисто-предгорной провинции лежат типичные бурые горно-лесные почвы. После сплошных рубок возможен процесс оподзоливания слабой степени. Плотность верхнего и нижнего горизонтов не изменяется (1.0 г/см^3 и 1.6 г/см^3 соответственно) или незначительно снижается (для A_1 : 0.7 - 0.9 г/см^3 для BC : 1.4 - 1.5 г/см^3). Плотность твёрдой фазы гумусового горизонта со временем после рубки практически не изменяется, а для нижнего горизонта наблюдается незначительное увеличение значений (от 2.6 г/см^3 для сосняка до 2.7 - 2.8 г/см^3 для вырубок и производных). Восстановительная динамика почвенных свойств лучше всего прослеживается для водно-физических характеристик. Поэтому в качестве примера рассмотрим тенденции гигроскопической влажности (рис. 2) и влажности завядания (рис. 3) верхнего (A_1) и нижнего (BC) горизонта почв, подвергшихся антропогенному влиянию (сплошным рубкам). Несмотря на небольшое количество экспериментальных данных можно рассчитать характерные моменты времени, емкость экологической ниши и сделать предварительные выводы.

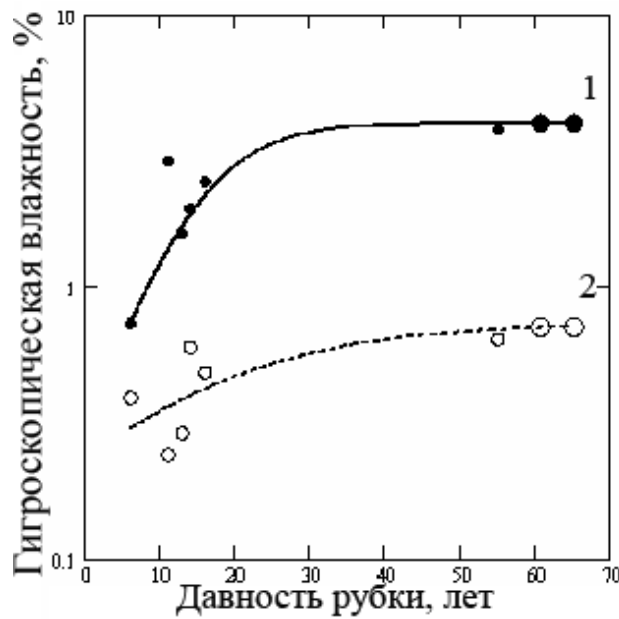


Рис. 2. Восстановительная динамика гигроскопической влажности в почвах производных растительных сообществ сосняка ягодникового-липнякового: 1 – горизонт А₁, 2 – горизонт ВС, точки – статистические данные, линии – результат решения логистического уравнения II (две последние точки на них – прогноз вперед на 5 и 10 лет). Коэффициенты уравнений для горизонта А₁: $A_{A_1} = 0.167$; $B_{A_1} = 0.042$; для горизонта ВС: $A_{BC} = 0.067$; $B_{BC} = 0.091$

Характерные моменты времени для гигроскопической влажности (рис. 2) составляют 5.99 года для горизонта А₁ и 14.93 лет для горизонта ВС. Емкость экологической ниши для горизонта А₁ – 3.98 %, для ВС – 0.74 %, т.е. для верхнего горизонта она больше в 5.4 раза.

Характерные моменты времени для влажности завядания (рис. 3) аналогичны характерным моментам времени для гигроскопической влажности. Согласно емкости экологической ниши предельные значения влажности завядания равны для горизонта А₁ – 12.85 %, для ВС – 5.15 %, т.е. для верхнего горизонта они больше в 2.5 раза.

Таким образом, характерные моменты времени для вводно-физических свойств аналогичны между собой и составляют для верхнего горизонта 5.99 года, для нижнего – 14.93 лет. То есть для гумусового горизонта гигроскопическая влажность и влажность завядания изменяются быстрее в 2.5 раза, чем для нижнего. Емкость экологической ниши для гигроскопической влажности различается между верхним и нижним горизонтом в 5.4 раза, а для влажности завядания – в 2.5 раза.

Морфология и свойства почв отдельных типов производных растительных сообществ Среднего Урала ранее изучались многими учёными [7, 22, 27, 31], но в настоящее время, к сожалению, интерес сместился к исследованию техногенных ландшафтов и тенденциям загрязнения почв.

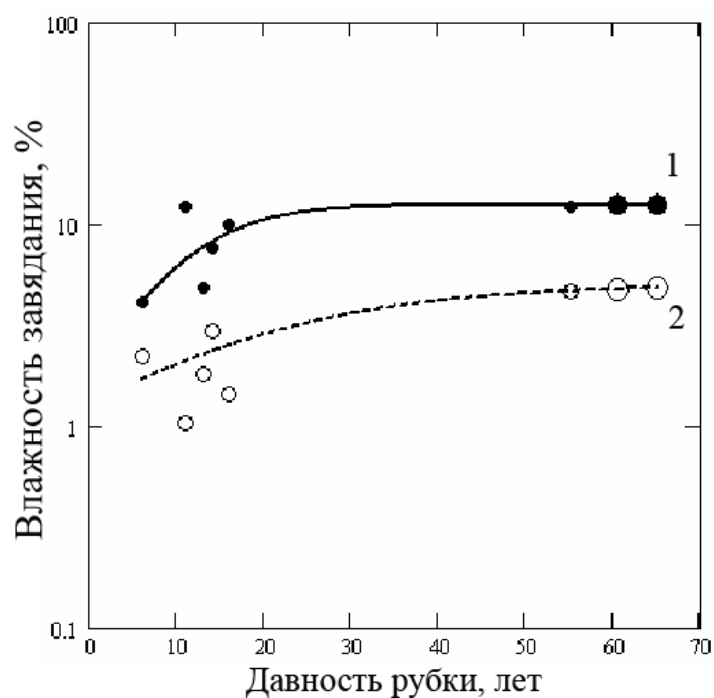


Рис. 3. Восстановительная динамика влажности завядания в почвах производных растительных сообществ сосняка ягодниково-липнякового: 1 – горизонт А₁, 2 – горизонт ВС, точки – статистические данные, линии – результат решения логистического уравнения II (две последние точки на них – прогноз вперед на 5 и 10 лет). Коэффициенты уравнений для горизонта А₁: $A_{A1} = 0.167$; $B_{A1} = 0.013$; для горизонта ВС: $A_{BC} = 0.067$; $B_{BC} = 0.013$

Заключение

После сплошных рубок в сосняках ягодниково-липняковых Зауральской холмисто-предгорной провинции формируются производные березняки. Впервые проведен анализ сопряженности восстановительной динамики древесного, травяно-кустарничкового ярусов и некоторых водно-физических свойств почв после сплошных рубок. Анализ выполнен на основе дифференциальных логистических уравнений, определены динамические характеристики: характерные моменты времени, емкость экологической ниши, периоды динамики и время, необходимое для стабилизации структуры. Показано, что на ранних сукцессионных стадиях запас фитомассы поддерживается травянистой растительностью и на один порядок меньше, чем в зрелых производных сообществах (березняках ягодниково-липняковых). Выделены два периода динамики: первые 20–25 лет – период интенсивного роста фитомассы березы и разреживания травяно-кустарничкового яруса, после 20 лет – период стабилизации структуры. Характерные моменты времени для водно-физических свойств почв аналогичны между собой и составляют для верхнего горизонта 5.99 года, для нижнего – 14.93 лет. То есть для гумусового горизонта гигроскопическая влажность и влажность завядания изменяются быстрее в 2.5 раза, чем для нижнего.

Список литературы

1. Александрова В.Д. Изучение смен растительного покрова // Полевая геоботаника. – М.; Л.: Наука, 1964. – Т. 3. – С. 300-447.
2. Арнольд В.И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. – М.: МЦНМО, 2000. – 32 с.
3. Базыкин А.П. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. – М.: Наука, 1985. – 180 с.
4. Быстрой Г.П., Комаровская А.А., Тетяев П.Е. Объемы теневой экономики в обороте наркотиков в УрФО // Материалы науч. конф. «Теневая экономика: Проблемы диагностики и нейтрализации» / ИЭ УрО РАН. – Екатеринбург, 2004. – С.120-121.
5. Виноградов Б.В., Шакин В.В. Логистический анализ для численного нормирования показателей зон экологического неблагополучия // Докл. РАН, 1995. – Т. 341. – № 5. – С. 709-713.
6. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. – М.: Наука, 1976. – 376 с.
7. Дедков В.С. Рубки леса и свойства горно-лесных буро-подзолистых почв Среднего Урала // Антропогенные воздействия на свойства почв. – Свердловск: УНЦ РАН СССР, 1987. – С. 21-35.
8. Занг В.-Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории: Перевод с английского. – М.: Мир, 1999. – 335 с.
9. Заславский Б.Г., Полуэктов Р.А. Управление экологическими системами. – М.: Наука, 1988. – 296 с.
10. Золотова Е.С., Иванова Н.С. Лесотипологическое исследование вырубок Зауральской холмисто-предгорной провинции // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т. 14. – № 1(4). – С. 1016-1019.
11. Иванова Н.С. Исследование сопряженности восстановительно-возрастной динамики древостоя и подчиненных ярусов в коротко-производных березняках западных низкогорий Южного Урала // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 1. – С. 76-79.
12. Иванова Н.С., Золотова Е.С. Биоразнообразие условно-коренных лесов Зауральской холмисто-предгорной провинции // Современные проблемы науки и образования: электронный науч. журн. – 2013. – № 1. URL: <http://www.science-education.ru/107-8563> (дата обращения 1.08.2014).
13. Иванова Н.С., Золотова Е.С., Быстрой Г.П. Почвы как управляющий параметр формирования лесной растительности на вырубках // Биосферные функции почвенного

- покрова: Мат. Всерос. науч. конф., посвящ. 40-летнему юбилею Ин-та физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. – Пущино: SYNCHROBOOK, 2010. – С. 135-137.
14. Изюмский П.П. Таксация тонкомерного леса. – М.: Лесная пром-сть, 1972. – 88 с.
 15. Казанцев С.Г. Производственные березняки Среднего Урала и равномерно-постепенные рубки в них: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 2005. – 20 с.
 16. Казанцев С.Г., Залесов А.С. Естественное возобновление под пологом берёзовых древостоев и возрастная динамика их состава // Леса Урала и хозяйство в них. – Екатеринбург, 2004. – Вып. 24. – С. 66-70.
 17. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Практическое руководство. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. – 176 с.
 18. Куклин А.А. Проблемы исследования наркотизации регионов России. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 53 с.
 19. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: учеб. пособие. – СПб.: Проспект Науки, 2009. – 320 с.
 20. Луганский Н.А., Лысов Л.А. Березняки Среднего Урала. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. – 100 с.
 21. Методы изучения лесных сообществ. – СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
 22. Новгородова Г.Г., Поздеев Е.Г. Трансформация состава гумуса в почвах производных насаждений ельника липнякового // Стационарные биогеоценологические исследования на Урале: Сб. науч. тр. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – С. 97-118.
 23. Павлов Д.С., Букварева Е.Н. Биоразнообразие, экосистемные функции и жизнеобеспечение человечества // Вестник РАН. – 2007. – Т.77. – № 11. – С. 974-986.
 24. Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов: учеб. пособие для вузов. – М.: Логос, 2001. – 296 с.
 25. Прешкин Г.А. Нормативы оценки лесных благ: проблемы, решения. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. – 325 с.
 26. Пугачева Е.Г., Соловьенко К.Н. Самоорганизация социально-экономических систем: учеб. пособие. – Иркутск: БГУЭП, 2003. – 172 с.
 27. Ржанникова Г.К. Сравнительная характеристика свойств почв сосновых и березовых лесов южной тайги Зауралья // Лесные почвы южной тайги Урала и Зауралья: Тр. ИЭРиЖ УНЦ АН СССР. – Свердловск, 1972. – Вып. 85. – С. 108-118.
 28. Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. Математические модели биологических продукционных процессов. – М.: Изд. МГУ, 1993. – 301 с.
 29. Розанов Б.Г. Морфология почв. – М.: Академ. проект, 2004. – 432 с.

30. Усольцев В.А. Биоэкологические аспекты таксации фитомассы деревьев. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 216 с.
31. Фирсова В.П., Ржанникова Г.К. Почвы южной тайги и хвойно-широколиственных лесов Урала и Зауралья // Лесные почвы южной тайги Урала и Зауралья: Тр. ИЭРиЖ УНЦ АН СССР. – Свердловск, 1972. – Вып. 85. – С. 3-87.
32. Чернавский Д.С., Щербаков А.В., Зульпукаров М.-Г.М. Модель конкуренции. Препринт. – М.: Институт прикладной математики РАН, 2006. – 22 с.
33. Andersson E., Batten D. F. Creative Nodes, Logistical Networks, and the Future of the Metropolis // Transportation, 1988. – № 14. – P. 281-293.
34. Global Biodiversity Outlook 2. – Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2006. URL: <https://www.cbd.int/doc/gbo/gbo2/cbd-gbo2-en.pdf> (дата обращения 1.08.2014).
35. Ivanova N.S. Studio di coniugio dinamiche di età riduttive dello stand e gli strati subordinati in breviderivati betulla Urali meridionali // Italian Science Review. – 2014. – № 1(10). – P. 218-221.
36. Ivanova N.S. Recovery of Tree Stand after Clear-cutting in the Ural Mountains // International Journal of Bio-resource and Stress Management. – 2014. – № 5 (1). – P. 90-92.

Р е ц е н з е н т ы :

Петрова И. В., д. б. н., профессор, заведующий лабораторией Популяционной биологии древесных растений и динамики леса ФГБУН Ботанического сада УрО РАН, г. Екатеринбург;

Менщиков С.Л., д.с.-х.н., заведующий лабораторией Экологии техногенных растительных сообществ ФГБУН Ботанического сада УрО РАН, г. Екатеринбург.