

Д. В. Шиман, ассистент; Г. В. Меркуль, доцент; Н. И. Гурин, доцент;  
В. С. Микуцкий, ст. науч. сотрудник

## МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ НАСАЖДЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОВЕДЕНИЯ РАВНОМЕРНО-ПОСТЕПЕННОЙ РУБКИ В СОСНЯКЕ МШИСТОМ

When foresters choose way of cutting, they take into consideration real forest grow conditions, structure of parent forest stand, state of natural young generation, features of each site and effective application of technical equipment. For forecasting results of the carried out cuttings it is necessary to use the opportunities, which is given possibilities of imitating modelling of forest stands growth by modern computer systems. For studying laws of formation of species and spatial structure and modelling of growth of the forest stand, which is result by carrying out of gradual two-reception cutting in a pine forest. The studying of this cutting were made on transact line, which size is 780 m and location is the most typical place. For the forecast of the further development we used FORSKA model for grows of forest stand.

**Введение.** Важной задачей лесного хозяйства Беларуси является повышение устойчивости и продуктивности лесов. Ее решение должно осуществляться с учетом лесорастительных условий, целевого назначения лесов, сохранения их биологического разнообразия, спроса на древесину различных пород, эффективности лесовыращивания.

Формирование лесов будущего необходимо вести на зонально-типологической основе с разработкой соответствующих систем лесовыращивания при логическом сочетании рубок главного пользования, рубок ухода и других лесохозяйственных мероприятий как составной части лесовыращивания.

Системы и виды рубок главного пользования необходимо увязывать в первую очередь с возможностью естественного воспроизводства лесных ресурсов.

Особого внимания при этом заслуживают так называемые несплошные рубки, которые направлены на сохранение природных комплексов, водоохранных, защитных, санитарно-гигиенических и других полезных функций лесов.

К перспективным в условиях Беларуси несплошным рубкам главного пользования относят равномерно-постепенные, длительно-постепенные, группово-постепенные (группово-выборочные), полосно-постепенные и добровольно-выборочные рубки. Основным их преимуществом является полное и своевременное использование спелой древесины, непрерывность выращивание леса, сохранение лесной среды, формирование высокопродуктивных и биологически устойчивых насаждений. Проведение этих рубок способствует естественному возобновлению леса без создания дорогостоящих лесных культур, сокращает примерно на 5–10 лет оборот рубки, а также упрощает трудоемкий и сложный лесоводственный уход за молодняками [1].

**Целью исследований** явилось изучение закономерностей формирования породной и пространственной структуры насаждения в резуль-

тате проведения равномерно-постепенной двухприемной рубки.

**Объекты исследований:** демонстрационный лесной научно-производственный объект «Упрощенная семенно-лесосечная рубка», созданный по плану научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь с привлечением средств инновационного фонда (ХД 24-058 от 02.08.2004 г.) и расположенный во 2 выделе 41 квартала Негорельского лесничества Негорельского учебно-опытного лесхоза. Площадь участка 2,0 га.

После проведения окончательного приема рубки таксация древостоя на данном участке проведена в 1996 (через 3 года после рубки), 2002 (через 9 лет после рубки) и 2006 (через 13 лет после рубки) годах.

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоя до и после проведения рубки представлена в таблице.

Наблюдается значительное изменение приведенных в таблице показателей каждого последующего года учета к предыдущему.

Сомкнутость древостоя и возобновления в 2002 г. составляла 0,70 и к 2006 г. возросла до 0,88 за счет увеличения общего количества особей древостоя и подроста на 4,8%, а также диаметров крон. В составе древостоя наблюдается увеличение количества сосны и мягколиственных пород. Количество подроста с составом 6Е2С1Б1Ос на данный момент составляет 1397 экземпляров средней высотой 1,22 м.

Для изучения закономерностей формирования породной, пространственной структуры и моделирования роста насаждения, сформированного в результате проведения равномерно-постепенной двухприемной рубки в сосняке елово-мшистом была заложена трансекта длиной 78 м в наиболее характерном месте, на которой произведено картирование деревьев, подроста и подлеска с точностью до 10 см в прямоугольной системе координат.

Лесоводственно-таксационная характеристика насаждений

Показатель	До рубки	После первого приема	После рубки		
			через 3 года	через 9 лет	через 13 лет
Состав:					
древостоя	6С4Е+Б	6С4Е+Б	10Е+Б, Ос	75Е13С5Ос4Б3Д	69Е20С17Б 3Д1Ос
подроста (возобновления)	8Е1С1Б+Д, Ос	8Е1С1Б+Д, Ос	7Е2С1Б+Д, Ос	6Е3С1Б+Ос	6Е2С1Б1Ос
Количество, шт./га:					
деревьев	456	255	42	2026	2231
подроста (возобновления)	9570	7440	5820	1436	1397
Средний диаметр, см	25,3	24,6	11,3	8,9	9,6
Средняя высота, м	26,8	26,0	9,7	11,9	12,7
Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	23,11	9,80	5,47	13,63	16,01
Полнота	0,72	0,26	0,25	0,51	0,57
Запас, м <sup>3</sup> /га	233	107	33	84	104

Для деревьев, а также каждой особи подроста и подлеска определены их высоты, высоты начала и максимальной ширины крон. Для деревьев измерен радиус крон в 4–8 направлениях, у подроста и подлеска – диаметр крон в двух перпендикулярных направлениях.

На рис. 1 и 2 представлены фрагменты пространственной структуры формирующегося насаждения после проведения равномерно-постепенной 2-приемной рубки в сосняке мшистом (через 9 и 13 лет после проведения окончательного приема соответственно).

Для прогноза дальнейшего развития древостоя использовалась компьютерная систе-

ма [2] имитационного моделирования роста древостоев, в основу функционирования которой положена хорошо известная модель динамики роста древостоев FORSKA [3–6], разработанная и апробированная для лесов Скандинавии, а затем с успехом применявшаяся для имитации роста лесов северо-восточной Германии [7] и провинции Ньюфаундленд в Канаде [8], достаточно близким по климатическим условиям к Беларуси, а также использованная в разработанной ранее компьютерной системе BELFOR/BELFOR-S [9, 10], которая не получила дальнейшего развития.

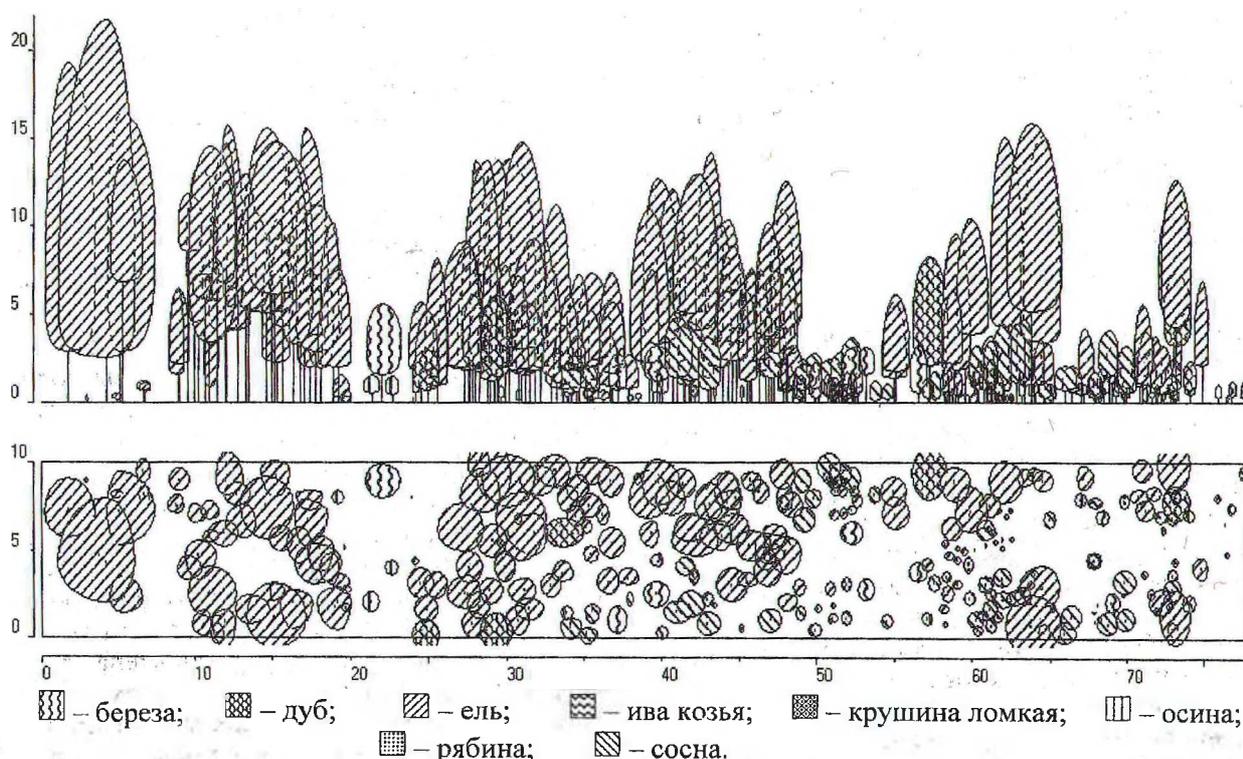


Рис. 1. Фрагмент пространственной структуры формирующегося насаждения после проведения равномерно-постепенной 2-приемной рубки в сосняке мшистом (через 9 лет после проведения окончательного приема)

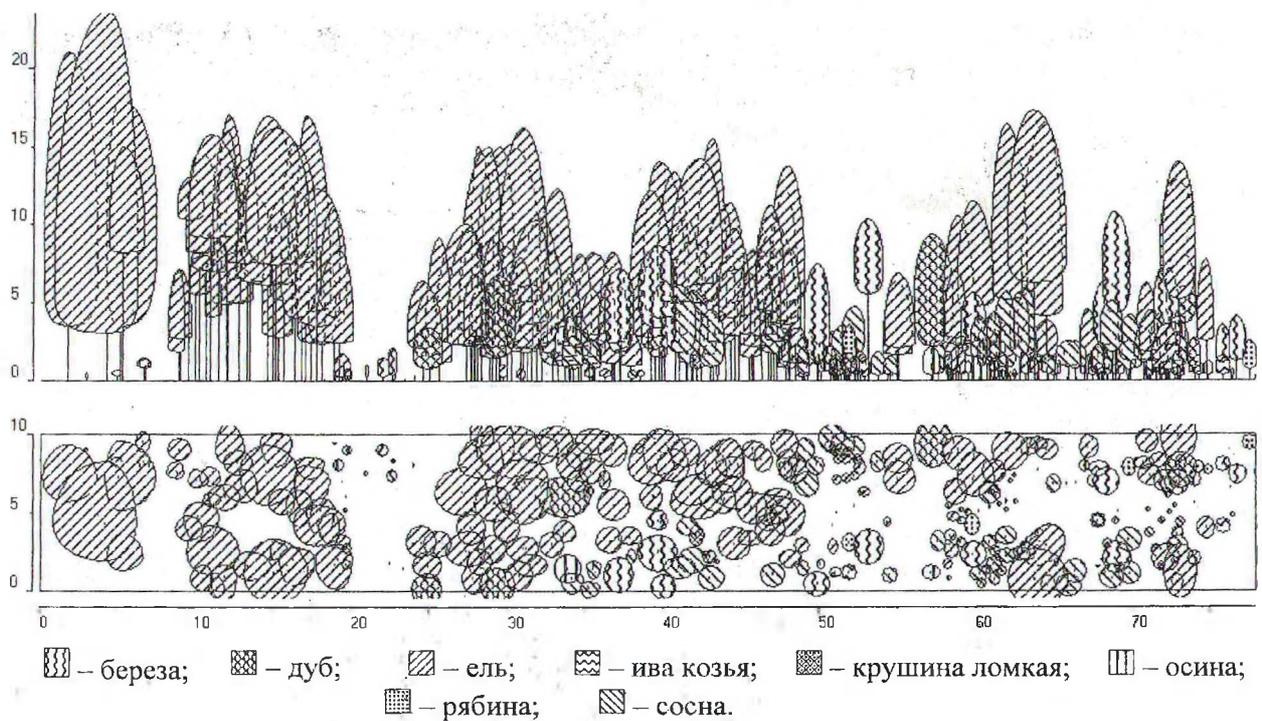


Рис. 2. Фрагмент пространственной структуры формирующегося насаждения после проведения равномерно-постепенной 2-приемной рубки в сосняке мшистом (через 13 лет после проведения окончательного приема)

Модель FORSKA относится к классу так называемых гар-моделей [11–15], которые базируются на рассмотрении развития отдельно взятого дерева в структуре древостоя на площадке с размерами, достаточными для учета конкурентных отношений данного дерева с окружающими его соседями в лесном сообществе, а затем расчете по совокупности характеристик индивидуальных деревьев интегральных характеристик всего древостоя. Кроме того, модель FORSKA, в отличие от других известных гар-моделей (FORET, JABOWA, SILVA и др.), учитывает биогеохимико-физические процессы развития деревьев и, таким образом, является их дальнейшим развитием.

В моделируемой пространственной структуре древостоя учитывается конкуренция за световую энергию, корневое питание и другие влияющие на рост деревьев параметры. При этом компьютерная система рассчитывает ежегодно изменяющиеся значения параметров каждого дерева на моделируемой гар-площадке с выводом получаемых усредненных значений (в пересчете на 1 га) на соответствующие графики основных статистических параметров моделируемого древостоя — количество деревьев, среднюю высоту, средний диаметр, запас древостоя.

Модель FORSKA содержит более 30 параметров, часть из которых является переменными и изменяется в процессе роста деревьев, а другие задаются как начальные условия произрастания и породные характери-

стики деревьев, привязанные к почвенно-климатическим условиям Беларуси. Модель описывается дискретно-непрерывной системой уравнений и учитывает рождение, рост и гибель каждого дерева на изучаемой площадке. Рост деревьев характеризуется тремя основными переменными параметрами ( $D$  — диаметр на высоте груди,  $L$  — площадь листовой поверхности,  $B$  — высота ствола) и двумя вспомогательными ( $H$  — высота дерева,  $W$  — общая биомасса дерева). На рис. 3 представлен режим задания начальных значений параметров системы моделирования.

Одним из сложных моментов моделирования роста древостоев является адаптация биологоматематической модели роста древостоев FORSKA к почвенно-климатическим условиям Беларуси. Для привязки фиксируемых параметров модели необходимо наличие данных о древостое за некоторый промежуток времени. Используя данные картирования деревьев на описанной выше трансекте за 2002 и 2006 гг., можно привязать фиксируемые параметры модели к данному древостою.

После привязки параметров компьютерная система позволяет получить прогноз о состоянии древостоя на любой заданный промежуток времени. На рис. 4 представлен фрагмент пространственной структуры древостоя, полученный в компьютерной системе «Моделирование роста древостоев» с прогнозом состояния древостоя на трансекте на 2020 год.

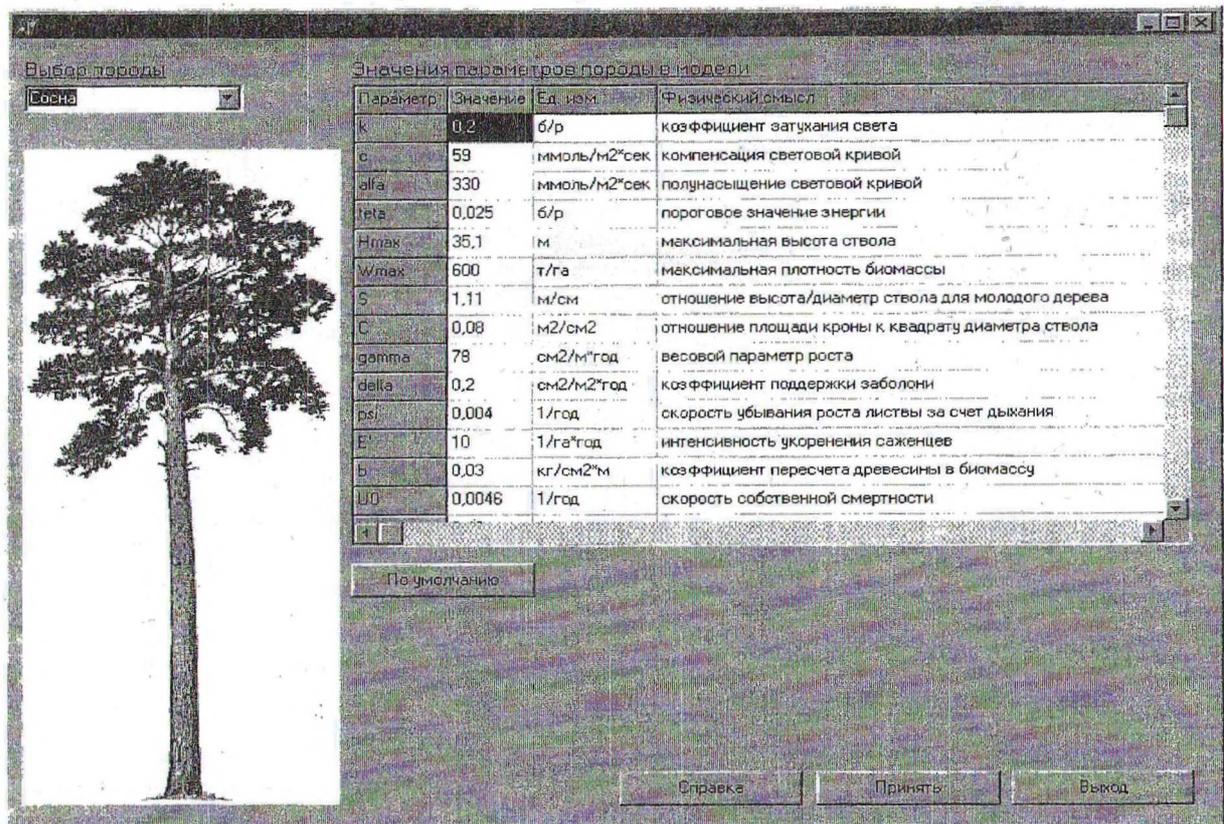


Рис. 3. Режим задания начальных значений параметров системы моделирования

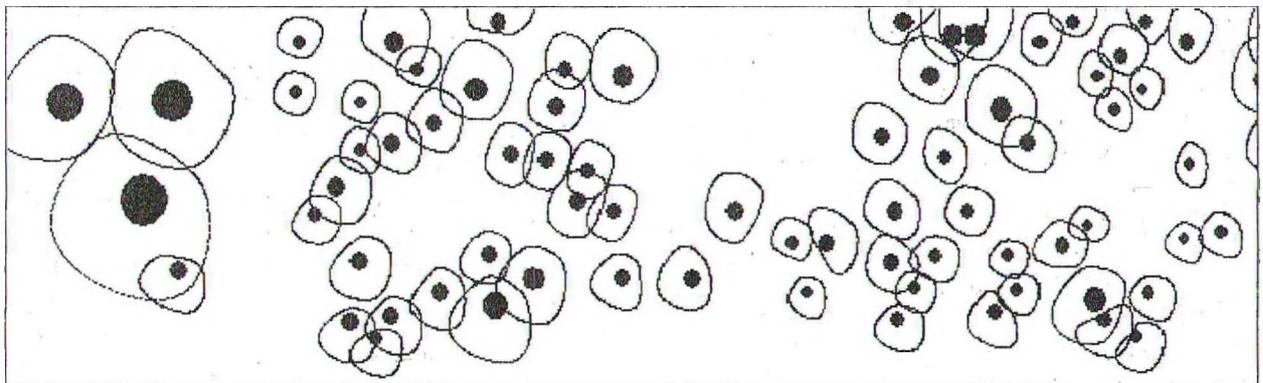
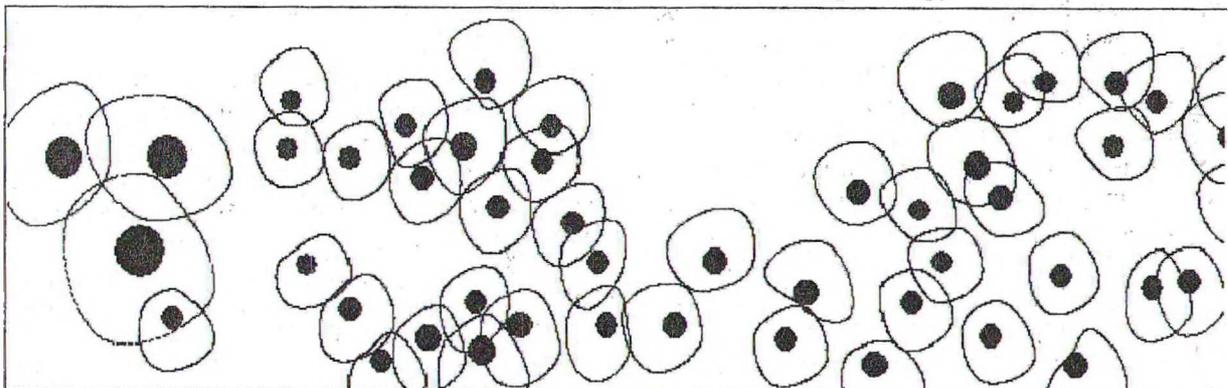


Рис. 4. Состояние древостоя трансекты к 2020 году

Рис. 5. Состояние древостоя трансекты после очередной рубки



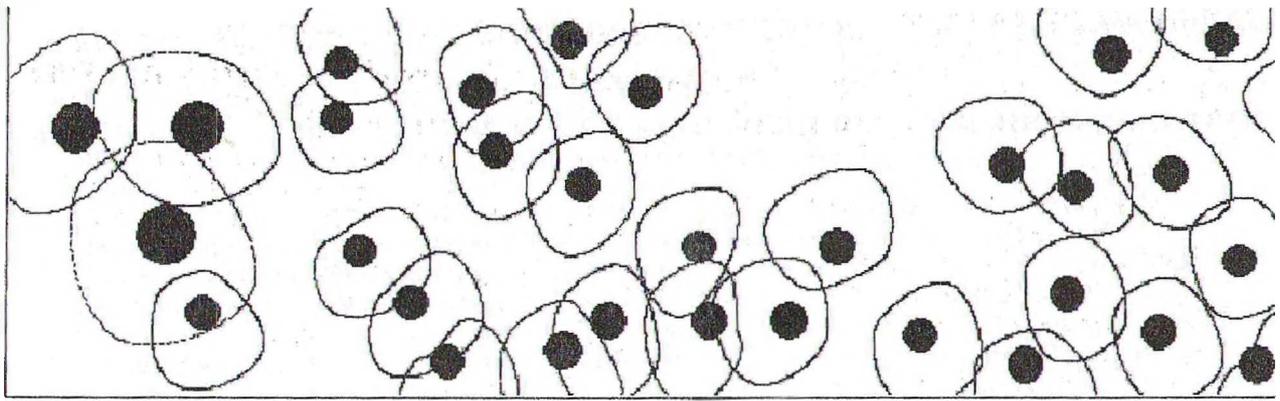


Рис. 6. Состояние древостоя трансекты на 2035 год

После этого в компьютерной системе можно промоделировать очередную рубку ухода с назначением в нее отобранных деревьев, как показано на рис. 5.

Затем компьютерная система позволяет получить очередной прогноз о состоянии древостоя с соответствующими таксационными параметрами после проведенной рубки ухода на заданный период. На рис. 6 показано состояние данного древостоя трансекты на 2035 год.

**Заключение.** По нашему мнению, полученные результаты могут быть использованы при планировании и проведении постепенных рубок, так как в определенной мере расширяют представление о роли последних в сложном лесовосстановительном процессе.

Лесоводы при выборе способа рубки насаждения должны исходить из конкретных лесорастительных условий, структуры материнского древостоя, состояния естественного возобновления, особенностей каждого участка и эффективного применения техники. Причем для прогнозирования результатов проведенных рубок необходимо использовать возможности, предоставляемые современными компьютерными системами имитационного моделирования роста древостоев.

### Литература

1. Инструкция по организации проведения несплошных рубок главного пользования в лесах Республики Беларусь. – Минск, 1997.
2. Гурин, Н. И. Компьютерная система для имитационного моделирования роста древостоев. / Н. И. Гурин, В. П. Григорьев, В. С. Микуцкий // Леса Беларуси: сб. материалов МНТК. – Минск, 2005.
3. Leemans, R. Description and Simulation of Stand Structure and Dynamics in Some Swedish Forests / R. Leemans. – Uppsala: Acta Univ. Ups., 1989. – № 221. – P. 44.

4. Prentice, I. C. Pattern and process and the dynamics of forest structure: a simulation approach / I. C. Prentice // *J. Ecology*. – 1990. – № 78. – P. 340–355.
5. Leemans, R. Sensitivity analysis of a forest succession model / R. Leemans // *Ecological Modelling*. – 1991. – № 53. – P. 247–262.
6. Prentice, I. C. A simulation model for the transient effects of climate change on forest landscapes / I. C. Prentice et al. // *Ecological Modelling*. – 1993. – № 65. – P. 51–70.
7. Lindner, M. Improving the simulation of stand structure in a forest gap model / M. Lindner et al. // *Forest Ecology and Management*. – 1997. – № 95. – P. 183–195.
8. Williams M. A three-dimensional model of forest development and competition / M. Williams // *Ecological Modelling*. – 1996. – № 89. – P. 73–98.
9. Микуцкий, В. С. Агрегированная модель динамики древостоя / В. С. Микуцкий. – Минск, 1996. – 18 с. (Препринт / Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси; № 1).
10. Об одном подходе к моделированию пространственной структуры экосистем / В. А. Катков [и др.] // *Вести АНБ. Сер. физ.-мат. наук*. – 1997. – № 2. – С. 115–119.
11. Botkin, D. B. Some ecological consequences of computer model of forest growth / D. B. Botkin et al. // *J. Ecology*. – 1972. – V. 60. – P. 849–873.
12. Shugart, H. H. A Theory of forest dynamics / Shugart, H. H. – New York: Springer-Verlag, 1984. – 278 p.
13. Shugart, H. H. Development of an Appalachian deciduous forest succession model / H. H. Shugart et al. // *J. Environ. manage.* – 1977. – V. 5. – P. 161–179.
14. Shugart, H. H. Size and pattern of simulated forest stands / H. H. Shugart et al. // *For. Sci.* – 1979. – V. 25. – P. 120–122.
15. Kershner, J. R. A process model of fire ecology and succession in a mixed-conifer forest / J. R. Kershner et al. // *Ecology*. – V. 64. – P. 1725–1742.