

ИНСТИТУТ МЕЛИОРАЦИИ, ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
СТРОИТЕЛЬСТВА ИМЕНИ А.Н. КОСТЯКОВА

СЕКЦИЯ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА И
ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

УДК 630*5

**ЭМПИРИЧЕСКАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ
ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ**

Лебедев Александр Вячеславович, к.с.-х.н., доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, РФ, alebedev@rgau-msha.ru

***Аннотация:** В работе приводится эмпирическая имитационная модель динамики таксационных показателей культур сосны, в которой выделяются четыре основных модуля: i) модель динамики таксационных показателей древостоя, ii) модель структуры древостоя, iii) модели расчета таксационных показателей на уровне отдельных деревьев и iv) модели расчета таксационных показателей на уровне древостоя. Модель роста культур сосны является универсальной и основана на принципе прогнозирования от текущих таксационных характеристик древостоя.*

***Ключевые слова:** модель роста древостоев, культуры сосны, обобщенный алгебраический разностный подход, структура древостоев.*

Прогнозирование роста и производительности древостоев относится к одной из важнейших задач на протяжении всего времени существования лесной науки. В условиях происходящих изменений окружающей среды, возрастающей роли экосистемных функций лесов актуальность вопроса постоянно усиливается. В лесоводственных исследованиях широкое применение имеют эмпирические модели роста и производительности древостоев, которые позволяют в определенных пределах, ограниченных используемыми фактическими материалами, прогнозировать возможные пределы их хозяйственного использования.

Целью исследования являлось разработать эмпирическую имитационную модель динамики таксационных показателей лесных культур сосны, выращиваемых в условиях Лесной опытной дачи Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева.

Материалами для исследования послужили данные долговременных наблюдений в сосновых древостоях, произрастающих в условиях Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Используются материалы по рядам распределения деревьев по толщине, зависимостям высот деревьев от диаметров, по средним таксационным показателям на постоянных пробных

площадях. Основными методами являются [3, 4, 5]: 1) метод долговременных наблюдений на постоянных пробных площадях с проведением таксационных работ раз в 5-10 лет; 2) методы математико-статистического моделирования роста и производительности древостоев, распределения деревьев по толщине, зависимостей между таксационными показателями деревьев; 3) регрессионный анализ с построением выводов при $p < 0,05$.

Анализ рядов динамики таксационных показателей древостоев на пробных площадях показал наличие отклонение от монотонных зависимостей. Таким образом, жизненный цикл древостоя представляет собой не монотонный, как это принято, а волнообразный процесс динамики всех таксационных показателей, обусловленный разной интенсивностью воздействия как внутренних (проявление саморегуляции в древесных сообществах и петель обратной связи), так и внешних факторов [7].

Основные регрессионные уравнения [1, 2, 6], заложенные в основу эмпирической модели роста и производительности культур сосны (начальная густота от 2 до 32 тыс. шт. на 1 га), представлены в таблице 1. Диапазон возрастов для корректной работы модели составляет от 20 до 140 лет и классов бонитета от I до III. Запас древостоя вычисляется через произведение суммы площадей сечений на видовую высоту, а при дезагрегации результатов - с использованием объемных таблиц или регрессионных уравнений для вычисления объемов отдельных стволов и их биомассы.

Таблица 1

Эмпирическая модель роста и производительности культур сосны

Показатель	Уравнение
Рост по средней высоте	$H = 27,10(1 + 0,0344 \cos(0,0795t_0 + 1,954)) \times \left(\frac{H_0}{27,10(1 + 0,0344 \cos(0,0795t + 1,954))} \right)^{\frac{\ln(1-\exp(-0,0316t))}{\ln(1-\exp(-0,0316t_0))}}$
Рост по среднему диаметру	$D = 49,51(1 + 0,0355 \cos(0,084t_0 - 0,031N_b + 2,387)) \times \left(\frac{D_0}{49,51(1 + 0,0355 \cos(0,084t - 0,031N_b + 2,387))} \right)^{\frac{\ln(1-\exp(-0,00799t))}{\ln(1-\exp(-0,00799t_0))}}$
Изменение числа деревьев	$N = (1 + 0,274 \cos((0,00063N_b + 0,056)t + 0,0243N_b + 3,271)) \times \left(\left(\frac{N_0}{1 + 0,274 \cos((0,0006N_b + 0,056)t_0 + 0,0243N_b + 3,271)} \right)^{-0,198} + 0,025(t^{0,488} - t_0^{0,488}) \right)^{\frac{-1}{0,198}}$
Сумма площадей сечений	$G = \pi N \left(\frac{D}{200} \right)^2$
Запас	$M = (2,3217 + 0,3627H)G$
Распределение диаметров деревьев	$f(d) = \left(\frac{c}{b} \right) \left(\frac{d - (-3,957 + 0,740D)}{b} \right)^{c-1} \exp \left(- \left(\frac{d - (-3,957 + 0,740D)}{b} \right)^c \right)$
Зависимость высоты от	$h = 1,3 + \left(\frac{H - 1,3}{1 - \exp(-(0,415 + 0,0488D))} \right) \left(1 - \exp(-(0,415 + 0,0488D) d/D) \right)$

диаметра	
Объем ствола	$v = \exp(-9,089 + 1,184 \ln d + 0,212 \ln^2 d - 0,019 \ln^3 d + 1,105 \ln h - 0,0394 \ln^2 h)$

Примечание: t_0 – начальный возраст, лет; t – возраст прогноза, лет; H_0 – начальная средняя высота, м; H – прогнозируемая средняя высота, м; D_0 – начальный средний диаметр, см; D – прогнозируемый средний диаметр, см; N_0 – начальная густота на 1 га, шт.; N – прогнозируемая густота на 1 га, шт.; N_b – начальная густота посадки на 1 га, тыс. шт.; G – сумма площадей сечений на 1 га, м²; M – запас древесины на 1 га, м³; b, c – параметры масштаба и формы функции Вейбулла; h – высота дерева, м; d – диаметр ствола, см; v – объем ствола, м³.

В представленной модельной системе выделяются четыре основных модуля: i) модель динамики таксационных показателей древостоя, ii) модель структуры древостоя, iii) модели расчета таксационных показателей на уровне отдельных деревьев и iv) модели расчета таксационных показателей на уровне древостоя.

Таким образом, разработана универсальная динамическая модель роста культур сосны, основанная на принципе прогнозирования от текущих таксационных характеристик древостоя. Структура модели может быть применена для других древесных пород и лесорастительных зон с заменой отдельных регрессионных уравнений, входящих в ее состав. Модель позволяет прогнозировать динамику таксационных показателей как на уровне древостоя, так и на уровне его структуры. Основным назначением модели является предсказание динамики как естественно формирующихся древостоев, так и под воздействием рубок ухода. К главным отличиям и преимуществам разработанной модели перед аналогами относится возможность прогнозирования таксационных показателей древостоев с учетом волновой составляющей в их динамике.

Библиографический список

1. Дубенок Н.Н. Динамическая модель изреживания культур сосны / Н.Н. Дубенок, А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – № 239. – С. 6-21. – DOI: 10.21266/2079-4304.2022.239.6-21.

2. Дубенок Н.Н. Динамическая модель роста культур сосны по среднему диаметру / Н.Н. Дубенок, А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев, С.Н. Волков // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 1. – С. 31-43. – DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2023.1.03.

3. Дубенок Н.Н. Модель смешанных эффектов зависимости высот от диаметров деревьев в сосновых древостоях / Н.Н. Дубенок, В.В. Кузьмичев, А.В. Лебедев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2021. – № 237. – С. 59-74. – DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.59-74.

4. Лебедев А.В. Обобщенная модель распределения диаметров деревьев в сосновых древостоях / А.В. Лебедев // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2022. – Т. 26, № 4. – С. 53-62. – DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-53-62.

5.Лебедев А.В. Построение бонитетной шкалы с использованием обобщенного алгебраического разностного подхода / А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев // Сибирский лесной журнал. – 2022. – № 3. – С. 48-58. – DOI: 10.15372/SJFS20220306.

6.Лебедев А.В. Прогнозирование роста по средней высоте культур сосны с использованием обобщенного алгебраического разностного подхода / А.В. Лебедев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – № 238. – С. 49-66. – DOI: 10.21266/2079-4304.2022.238.49-66.

7.Лебедев А.В. Таксационные показатели сосновых древостоев по данным долговременных наблюдений / А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев // Сибирский лесной журнал. – 2023. – № 2. – С. 3-16. – DOI: 10.15372/SJFS20230201

УДК 626.17/502/504

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ – ГЕОМАТА С ГРУНТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ И ПОСЕВОМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Жукова Татьяна Юрьевна, соискатель кафедры гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, t.zhukova@rgau-msha.ru

Еремеев Андрей Викторович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, a.eremeev@rgau-msha.ru

***Аннотация:** В настоящее время достаточно остро стоит вопрос об использовании экологичных защитных облицовок откосов. В данной работе рассматривается применение геомата с заполнителем из грунта и посева многолетних трав.*

***Ключевые слова:** геомат, берегоукрепление, покрытие, водная эрозия, растительность.*

Мероприятия по берегоукреплению включают в себя комплекс работ, который направлен на защиту прибрежной линии природных и искусственных водоемов от подмыва, обвала и эрозии берегового склона под воздействием течения воды и волн, а также размыва ливневыми потоками. Неконтролируемый поток воды может оказывать разрушительное воздействие на берега и русла каналов, что способствует их оползанию, размывам, эрозии и другим негативным последствиям. Поток воды может серьезно повредить проходящие рядом дороги или строения, расположенные вдоль берега. Предотвратить негативный результат воздействия воды на целостность русел