

3D численном моделировании напряженно-деформированного состояния массивов грунтов на макроуровне.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации программы Московского центра фундаментальной и прикладной математики по соглашению № 075-15-2022-284. В работе использовался рентгеновский компьютерный микротомограф Yamato TDM-1000H-II (Япония), полученный в рамках реализации Программы развития МГУ имени М.В. Ломоносова.

Литература

1. Бахвалов Н.С., Панасенко Г.П. Осреднение процессов в периодических средах. – М.: Наука, 1984. – 352 с.
2. Артамонова Н.Б., Мукатова А.Ж., Шешенин С.В. Асимптотический анализ уравнения равновесия флюидонасыщенной пористой среды методом осреднения // Известия РАН. Механика твердого тела. – 2017. – №2. – С.115-129.
3. Артамонова Н.Б., Шешенин С.В., Орлов Е.А., Чжоу Бичэн, Фролова Ю.В., Хамидуллин И.Р. Вычисление эффективных свойств геокомпозитов на основе изображений компьютерной томографии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2022. – №3. – С.83-94.
4. Gueguen Y., Bouteca M. Mechanics of fluid-saturated rocks. – Elsevier Acad. Press, 2004. – 450 p.
5. Biot M.A. General theory of three-dimensional consolidation // Journal of Applied Physics. – 1941. – Vol.12. – No.2. – P.155-164.
6. Geertsma J. The Effect of Fluid Pressure Decline on Volumetric Changes of Porous Rocks // Trans. AIME. – 1957. – Vol. 210. – P.331-339.

УДК 630'181.65:582.475.2

ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА КЛИМАТИПОВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Ребко С.В., Поплавская Л.Ф.

Белорусский государственный технологический университет (г. Минск, РБ)

E-mail: rebko@belstu.by

Аннотация. Дана оценка радиального прироста различных климатических экотипов ели европейской, произрастающих на территории Негорельского учебно-опытного лесхоза (Минская область Беларуси). Выявлено существенное различие по параметрам средней ширины годичных колец, а также доли ранней и поздней древесины у исследуемых климатических экотипов ели европейской. Отмечены годы с наименьшим радиальным приростом деревьев, а также годы с максимальным приростом по диаметру деревьев.

Ключевые слова: ель европейская, климатип, радиальный прирост.

VARIABILITY OF THE RADIAL GROWTH OF CLIMATE TYPES OF EUROPEAN SPRUCE UNDER A CHANGING CLIMATE

Rebko S.V., Poplavskaya L.F.

Belarusian State Technological University (Minsk, RB)

Annotation. *The radial growth of various climatic ecotypes of European spruce growing on the territory of the Negorelsky educational and experimental forestry (Minsk region of Belarus) is estimated. A significant difference was revealed in the parameters of the average width of annual rings, as well as the proportion of early and late wood in the studied climatic ecotypes of European spruce. The years with the smallest radial growth of trees are marked, as well as the years with the maximum growth in the diameter of trees.*

Keywords: *European spruce, climatype, radial growth.*

Исследованию влияния климатогеографических факторов на адаптационную способность хвойных пород посвящены многочисленные работы, в том числе и по оценке произрастания климатических экотипов ели европейской различного географического происхождения [1].

В последние годы сложилась неблагоприятная экологическая ситуация для лесов Беларуси, в результате которой наблюдается снижение их устойчивости и продуктивности, в то время как социально-экономическое и экологическое значение лесных ресурсов все больше начинает возрастать. На ближайшую и отдаленную перспективу влияние быстро меняющихся экологических естественных и антропогенных факторов на лесные экосистемы не уменьшится. С этим обстоятельством необходимо будет считаться при принятии решений в области использования, воспроизводства и охраны лесных ресурсов.

Первые географические лесные культуры ели европейской на территории Беларуси были заложены в Негорельском учебно-опытном лесхозу весной 1961 г. на площади 0,5 га, включающие в географическом отношении шесть различных регионов произрастания – ель минского, витебского, гродненского, новгородского, вологодского и ивано-франковского происхождений. Участок, отведенный под географические культуры, представлял собой старую вырубку, вышедшую из-под елового насаждения. Почва на участке дерново-подзолистая, сильнооподзоленная, супесчаная на супеси связной, подстилаемой моренным суглинком, а с глубины 180 см песком связным. Тип условий местопроизрастания – С₂. В качестве посадочного материала использовались трехлетние саженцы ели европейской. Размещение посадочных мест на всем участке 2,0×0,7 м, исходная густота культур – 7140 шт./га. Географические культуры ели европейской на участке расположены по секциям и ограничены столбами и просеками с целью их идентификации. Площадь каждого

климатического экотипа ели европейской составляет 0,08 га.

Для оценки роста и дендрохронологического анализа в каждом климатическом экотипе ели европейской был проведен сплошной пересчет деревьев с последующим определением всех лесоводственно-таксационных показателей. В последующем у пяти средних деревьев каждого климатического экотипа были взяты керны на уровне груди (1,3 м) для последующего определения величины радиального прироста деревьев исследуемых различных происхождений ели европейской. Взятие образцов кернов древесины осуществлялось с помощью возрастного (прирастного) бурава Пресслера. В дальнейшем была проведена их подготовка к измерению и зачистка, фотографирование в соотношении с масштабом с использованием линейки, измерение годичных колец древесины в программе Fotoshop 7.0 с последующей дальнейшей статистической обработкой полученных данных и их анализом.

Географические культуры ели европейской, включающие различные происхождения ели европейской, отличаются между собой климатическими показателями мест произрастания материнских деревьев. Результаты исследования показывают, что наибольшим радиальным приростом характеризуются деревья ели европейской гродненского происхождения, а минимальный прирост по диаметру характерен для деревьев ели европейской ивано-франковского происхождения (табл. 1). По доле участия поздней древесины наибольшим значением отличаются ели вологодского происхождения, минимальная доля поздней древесины отмечена у ели гродненского и витебского происхождений.

Таблица 1

Показатели радиального прироста различных климатипов ели европейской

Наименование климатипа ели европейской	Оцениваемый показатель ширины, мм			Доля древесины, %	
	годового кольца	ранней древесины	поздней древесины	поздняя	ранняя
Минский	2,02±0,07	1,38±0,05	0,64±0,01	32,1	67,9
Витебский	2,42±0,07	1,83±0,07	0,59±0,01	26,5	73,5
Новгородский	1,95±0,05	1,40±0,04	0,56±0,02	30,0	70,0
Вологодский	2,22±0,06	1,37±0,05	0,86±0,02	40,3	59,7
Ивано-Франковский	1,80±0,05	1,21±0,04	0,58±0,02	34,3	65,7
Гродненский	2,71±0,07	1,96±0,07	0,76±0,02	28,7	71,3

По средней ширине годичного слоя древесины все исследуемые происхождения на статистически достоверном уровне отличаются между собой, за исключением сравниваемой пары ели европейской минского и

новгородского происхождений (таблица 2).

Анализируя изменение радиального прироста по годам с 1970 по 2021 гг., отмечено, что у всех происхождений ели европейской, начиная с середины восьмидесятых годов прошлого столетия, наблюдается резкое снижение радиального прироста деревьев.

Таблица 2

Критерии достоверности различий по ширине годичного слоя древесины у различных климатипов ели европейской в географических культурах

Климатип	Гродненский	Витебский	Вологодский	Минский	Новгородский	Ивано-Франковский
Гродненский	–	–	–	–	–	–
Витебский	2,37	–	–	–	–	–
Вологодский	4,53	2,34	–	–	–	–
Минский	6,05	4,24	2,17	–	–	–
Новгородский	7,38	5,7	3,46	0,81	–	–
Ивано-Франковский	8,84	7,44	5,38	2,56	2,12	–

У ели европейской гродненского происхождения максимальный радиальный прирост наблюдался с 1977 по 1993 год. Начиная с 1995 года, отмечается резкое снижение радиального прироста. Отмечены годы с минимальным приростом: 1973, 1974 и 2021 годы, когда прирост по диаметру деревьев был меньше 1 мм.

Доля поздней древесины деревьев гродненского происхождения в среднем составляет 28,7%. В данном случае прирост по диаметру в основном формируется за счет ранней древесины в весенне-летний период с мая по июнь. У ели европейской витебского и минского происхождений наблюдается аналогичная картина в динамике прироста по диаметру. Так, у ели витебского происхождения максимальный радиальный прирост отмечается в период с 1975 по 1988 год, а годы с минимальным приростом – 1974, 2015 и 2021. Доля поздней древесины у деревьев минимальная и составляет всего 26,5%. У ели европейской минского происхождения максимальный прирост по диаметру был в период с 1976 по 1988 г., а годы с минимальным приростом – 1974, 1975, 2020 и 2021 гг., причем наблюдается довольно резкое снижение прироста, начиная с 1995 г. У деревьев ели европейской северного происхождения также наблюдается снижение прироста по диаметру, начиная с 90-х годов прошлого столетия, однако, это снижение более постепенное и, в отличие от ели европейской местного происхождения, нет резкого снижения прироста в 70-е годы 20-го века. У ели европейской вологодского происхождения отмечается

наибольшая доля поздней древесины, и в годы с более высоким приростом по диаметру доля поздней древесины была равной или превышала долю ранней древесины (1993–1995 гг.).

Деревья ели европейской ивано-франковского происхождения характеризуются наименьшим радиальным приростом. Максимальный прирост отмечается с 1978 по 1987 год, а начиная с 1988 г., наблюдается резкое снижение у деревьев прироста по диаметру. Наименьшим приростом по диаметру (менее 1 мм) характеризуются 1970, 1997 и 2019 гг. Анализ показателей прироста по диаметру у ели европейской различного происхождения показал, что наиболее резкое снижение радиального прироста в первое десятилетие наблюдается у деревьев ели минского (45,8%) и ивано-франковского (36,4%) происхождений (таблица 3).

Таблица 3

Изменение ширины годичного слоя у деревьев ели европейской различного географического происхождения по исследуемым периодам

Наименование происхождения ели европейской	Снижение радиального прироста за анализируемый период, %	Ширина годичного слоя по периодам, мм			
		1970–1985	1986–1997	1998–2007	2008–2021
Минская	59,8	3,01	1,63	1,50	1,21
Витебская	56,3	3,41	2,98	1,83	1,49
Новгородская	49,8	2,67	2,16	1,70	1,34
Вологодская	53,0	3,15	2,27	1,76	1,48
Ивано-Франковская	52,5	2,72	1,73	1,49	1,29
Гродненская	50,4	3,61	3,40	2,04	1,79

В период с 1970 по 1985 гг. средняя ширина годичного кольца у ели минского происхождения составляет 3,01 мм, а с 1986 по 1997 гг. прирост по диаметру сократился на 45,8%. У ели ивано-франковского происхождения первоначальное сокращение радиального прироста составило 36,6%. Ель европейская гродненского происхождения в этот период показала лучшие результаты – радиальный прирост деревьев снизился только на 5,8%. За период 2008–2021 гг. наибольшим снижением радиального прироста характеризуются деревья ели северного происхождения (ель новгородского происхождения – на 21,2%, витебского происхождения – на 18,6% и вологодского происхождения – на 15,9%).

У деревьев ели минского и гродненского происхождений снижение радиального прироста составляет всего соответственно 12,4 и 12,3%. В целом за весь анализируемый период наблюдений снижение радиального прироста у

деревьев ели европейской различного происхождения составляет 49,8–59,8% (максимальное снижение прироста по диаметру у деревьев ели европейской минского происхождения – 59,8%, минимальное падение прироста по диаметру у деревьев ели европейской новгородского происхождения – 49,8%). Проведенные исследования радиального прироста ели европейской различного происхождения позволили выявить не только имеющееся различие по общей ширине годичного слоя у исследуемых деревьев, но и по доли участия в годичном кольце ранней и поздней древесины, а также различные уровни снижения прироста по диаметру у исследуемых происхождений ели, произрастающих в географических культурах.

Литература

1. Дегтярева Е.В., Болботунов А.А., Дегтярев А.М. Возможности моделирования и прогнозирования радиального прироста хвойных пород на территории Белорусского Поозерья // Природные ресурсы. – 2019. – №1. – С. 71–77.

УДК 627.8:624.131.1+ 631.524.022 (575.3)

ГЕОЛОГО-ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА ГЭС «НУРЕК-2»

Сидиков Ф.У.

*Республиканское Государственное унитарное предприятие
«Научно исследовательский проектный институт «Нурофар» (г. Душанбе, РТ)
E-mail: far5555@mail.ru.*

Аннотация. Геолого-геоэкологические условия района строительства ГЭС «Нурек-2». Район исследований расположен в Хатлонской области Республики Таджикистан, между двумя крупными гидросооружениями – Байпазинской и Нурекской ГЭС. Наибольшее развитие здесь имеют формы рельефа, связанные с тектоническими структурами: эрозионные и аккумулятивные. В геологическом строении района принимают участие континентальные и морские осадки мезозойской и кайнозойской эры. Наиболее древними на описываемой площади являются отложения юры, представленные глинами, известняками, песчаниками, гипсами и каменной солью. Нижнемеловые отложения представлены переслаивающейся толщей песчаников и алевролитов, мощность слоёв колеблется в пределах от нескольких сантиметров до десятков метров. Неогеновые отложения представлены красноцветным песчаником, глубина залегания которых по данным разведочных скважин, колеблется в пределах 26-28 м. Район «ГЭС Нурек-2» расположен между двумя крупными гидросооружениями – Байпазинской и Нурекской ГЭС, что дает возможность воспользоваться данными полученными при изысканиях, проведенных в районах их