

Елекешева М.М., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, доцент м.а., негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-2730-8211>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51, 090000, Қазақстан, Elekesheva@inbox.ru

Мухомедьярова А.С., доктор PhD, доцент м.а., <https://orcid.org/0000-0003-3945-8417>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51, 090000, Қазақстан, aina25111980@mail.ru

Кушенбекова А.К., доктор PhD, доцент м.а., <https://orcid.org/0000-0003-3682-0767>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51, 090000, Қазақстан, aliya.kushenbekova@mail.ru

Elekesheva M.M., Candidate of Agricultural Sciences, Acting Associate Professor, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-2730-8211>

«Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University» NJSC, 51 Zhangir Khan Street, Oral, 090000, Kazakhstan, Elekesheva@inbox.ru

Mukhomedyarova A.S., PhD, Acting Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-3945-8417>

«Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University» NJSC, 51 Zhangir Khan Street, Oral, 090000, Kazakhstan, aina25111980@mail.ru

Kushenbekova A.K., PhD, Acting Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-3682-0767>

«Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University» NJSC, 51 Zhangir Khan Street, Oral, 090000, Kazakhstan, aliya.kushenbekova@mail.ru

**ОРМАН ТИПТЕРІ ТОПТАРЫ БОЙЫНША СҮРЕКДІНДЕРДІҢ ӨСУ БАРЫСЫН
МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСТЕМЕСІ
METHOD OF MODELING THE GROWTH OF A TREE STAND BY GROUPS OF FOREST
TYPES**

АННОТАЦИЯ

Батыс Қазақстан облысындағы Жайықтың жайылма ормандары өсу және даму заңдылықтарын зерттелуі қиын алқаптармен берілген. Сондықтан бұл аймақ үшін тек ағаш діңінің көлемін және ағаш ірілік категорияларын бағалауға арналған кестелер, сондай-ақ орташа биіктікке байланысты желектері тұтас алқаптардың қорын бағалауға арналған кестелер әзірленген. Бұл анықтамалық материалдар облыстағы орман ресурстарын басқару мен орман шаруашылығының мәселелерін ойдағыдай шешу үшін жеткіліксіз. Зерттеу жұмысының барысында орман түрлерінің әртүрлі топтарында өсетін орман құраушы тұқымды алқаптардың өсу және өнімділік үлгілерін жасау әдістемесі әзірленді. Әдістемеге сәйкес әртүрлі жастағы олардың өзгермелілігінің барлық диапазонында сүрекдіңдердің орташа биіктігі мен орташа диаметрінің өзгеру заңдылықтарын сенімді түрде сипаттайтын көп нұсқалы сызықтық өсу үлгілері әзірленді. Модельдерге айнымалылармен кодталған ағаш түрлерінің және орман түрлерінің топтарының атауларын сипаттайтын индекстер кіреді. Ағаш жастарының орман құраушы түрлердің атауларымен, ағаш жасының орман типтік топтарының атауларымен үйлесуі жоғары сенімділік дәрежесімен асинхронды өсудің статистикалық үлгілерін алуға мүмкіндік берді. Модельдеудің соңғы кезеңінде орташа биіктіктер мен диаметрлердің өсуінің үш деңгейлі үлгілері алынды, бұл орман түрлерінің жеке тобында өсетін бір орман құраушы түрі үшін регрессия сызықтарын егжей-тегжейлі көрсетуге мүмкіндік берді. Орталық жайылманың орташа деңгейлері жағдайында өсетін қара терек екпелерінің өсу моделін құрудың мысалы келтірілген. Орман екпелерінің базалық жасындағы орташа биіктік деңгейлерінің градиенті бойынша алқағаштардың аймақтық жіктелуін әзірлеу мүмкіндігі көрсетілген.

ANNOTATION

The floodplain forests of the Urals of the West Kazakhstan region are represented by plantations that are difficult to study the patterns of growth and development. Therefore, for this region, only tables have been developed to estimate the volume of tree trunks and categories of wood size, as well as tables to estimate the stock of closed stands depending on the average height. These normative reference materials are not enough to successfully solve the problems of forest management and forestry in the region. In the

course of the research, a methodology was developed for developing models of growth and productivity of stands of forest-forming species growing in various groups of forest types. In accordance with the methodology, multidimensional linear growth models have been developed that reliably describe the patterns of change in the average height and average diameter of stands over the entire range of their variability at different ages. Predictors characterizing the names of tree species and groups of forest types encoded by dummy variables were included in the models. The combination of age with the names of forest-forming species, age with the names of groups of forest types allowed us to obtain statistical models of asynchronous growth with a high degree of reliability. At the final stage of modeling, three-level growth models of average heights and diameters were obtained, which made it possible to detail regression lines for one forest-forming breed growing in a separate group of forest types. An example of constructing a model for the growth of stands of black poplar growing in conditions of medium levels of the central floodplain is shown. The possibility of developing a regional classification of plantings according to the gradient of levels of average height at the base age of stands is shown.

Түйін сөздер: жайылма ормандар, орман құраушы ағаш түрлері, орман формациялары, қара терек, ақ терек, ақ тал, тегіс қарағаш.

Key words: floodplain forests, forest-forming rocks, forest formations, black poplar, white poplar, white willow, smooth elm.

Кіріспе. Сүрекдіндердің өсу барысын бағалау орман шаруашылығын жүргізудің маңызды міндеті болып табылады. Қазіргі уақытта Батыс Қазақстан облысының орман шаруашылығында ағаш тұқымдарының екпелерін құрайтын өсу барысының үлгілерін әзірлеу үшін қажетті нормативтік-анықтамалық материалдар жоқ. Нәтижесінде аймақтың ормандарының өнімділігін арттыруды қамтамасыз ететін ағашты аралық пайдалану режимін оңтайландырудың ғылыми негізделген жүйесі жоқ. Ландшафттық-экологиялық жағдайларды ескере отырып, орман-таксациялық нормативтерді жетілдіру және жаңарту ғана орман екпелерін ағымдағы түгендеу және олардың динамикасын болжау мәселесін шешуге мүмкіндік береді. Ресейде қабылданған орман типтері мен орман жағдайларының классификациялық схемаларынан айырмашылығы, Жайық өзені бассейнінің Батыс Қазақстан аумағында екпелердің өсетін жерлерінің ландшафттық-типологиялық классификациясы қабылданды. Осы себепті Орынбор облысының аумағындағы өзен бассейнінің оң жағалауы үшін алынған зерттеу нәтижелері біздікінен айтарлықтай ерекшеленеді.

Зерттеудің мақсаты – Жайық өзені жайылмасының жекелеген орман түзілімдерінің, атап айтқанда, қара терек ормандарының мысалын пайдалана отырып, әртүрлі тұқымдық құрамдағы алқаптардың өсуі мен өнімділігінің, орман типтік топтары бойынша толымдылығының заңдылықтарын анықтау және өзара байланысты статистикалық үлгілерді әзірлеу.

Зерттеудің мақсаттарына мыналар жатады:

1. Ағаштардың орташа биіктігі мен қалыңдығының орташа статистикалық көрсеткіштерінің өсу үрдісінің ағаш тұқымды-орман типологиялық үлгілерін әзірлеу.

2. Көрсеткіштердің вариация диапазонын саралаумен орташа биіктігі және орташа диаметрі бойынша құрамдас ағаш түрлерінің өсу курсының орман типологиялық үлгілерін әзірлеу.

3. Орталық жайылманың ортаңғы деңгейлеріндегі қара терек (*Populus nigra*) ормандарының дендроценоз элементі мысалында, орташа биіктіктегі орман типологиялық кластарын (Н30) және орман екпелерінің өнімділігін модельдеу әдісін көрсету.

Қолданыстағы өсу барысын анықтау кестелеріне қысқаша сипаттама

1980-1990 жылдары бұрынғы КСРО аумағының көп бөлігі үшін аймақтық орман-таксациялық анықтамалықтарды әзірлеу және жетілдіру бойынша үлкен жұмыс жүргізілді. Осы жылдары орман-таксациялық нормативтер жөніндегі үйлестіру кеңесін В.В. Загреев

басқарды. Анықтамалықтарға сол кездегі ағаштардың өсу барысының барлық кестелері енгізілді. Экологиялық негізге бағытталған орман-таксациялық нормативтерді әзірлеу міндеті қойылды. «Ормандарды таксациялауға арналған жалпы одақтық нормативтер» атты анықтамалық жарық көрді [1]. Классикалық нұсқасында сүрекдіндердің өсу барысы кестелері жас пен оған сәйкес келетін таксациялық көрсеткіштер арасындағы байланысты білдіреді. Ағаштардың өсу қисықтарының барлық алуан түрлілігін жүйелеу үшін көрсеткіштердің жасқа байланысты өзгерістерін оларды типтік сызықтар деп атауға тапсырыс беру ұсынылды.

Бірыңғай өсу ілгерілеу шкаласын құрудың бірінші әрекетін Б.Б.Зейде [2], В.В. Загрев [3,4,1] және оның ізбасарлары, олар Ресейдің негізгі орман құраушы түрлерінің ағаш бұтақтарының таксациялық көрсеткіштерінің жас өзгерістерінің индекстік қатарын қолға алды. Әртүрлі авторлар орман құраушы ағаш түрлері үшін алған типтік өсу қисықтары негізінен бонитет негізінде құрастырылған өсу барысы кестелерінің деректерінен алынды және орман типологиялық схемаларымен байланыспаған. Сондықтан соңғы жылдары көптеген зерттеушілер ағаш бұтақтарының құрылымы мен өнімділігінің өсу барысын олардың өсу ортасының жағдайларын ескере отырып модельдеу қажеттілігін көрсетті [5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16].

Өсу қарқынының стандарттарын құрудың экологиялық үлгілерін әзірлеу ландшафттың және гидрологиялық желінің ілеспе элементтерінің егжей-тегжейлі сипаттамасын және орман өсу жағдайларының жіктелуін талап етеді.

Жайықтың жайылмалық ормандарының орман өсу жағдайларын зерттеумен айналысты [17,18,19,20,21]. Олардың жасаған орман типологиялық схемалары бір-бірінен ерекшеленеді. Дегенмен, жайылма жағдайларының ерекшелігі биіктік жағдайларымен салыстырғанда жайылмадағы орман түрлерін анықтаудың өзіндік критерийлерін анықтайды.

Қазақ орман шаруашылығы және агроорман шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты Жайық өзенінің және сәйкес орман түзілімдерінің орман өсу жағдайларының түрлерінің схемасын әзірледі, оның негізінде жайылма ормандар түрлерінің соңғы классификациясы қабылданды [22,23,24,25,26].

Зерттеу объектілері. Зерттеу объектілері Батыс Қазақстан облысындағы Жайық өзенінің жайылмалық ормандарының негізгі орман құраушы түрлерінің екпелері болды. Дала материалдары облыстың Орал және Январцево орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемелерінде жинақталды. Орман объектілерінің классификациялық негізі ретінде орман өсімдіктерінің формациясы – қара терек ормандары қабылданды. Формация өзенге жақын бөлігінен жайылманың жоғарғы деңгейіне дейін өзен профилінің әртүрлі бөліктерінде шектелген орман түрлерінің топтарымен ұсынылған. Орман түрлерінің әрбір тобында натуралық таксацияға жататын нақты орман элементтерін көрсететін ағаш түрлерінің тізімі анықталды. Орман түрлерінің топтарындағы орман элементтерінің орташа биіктіктері мен орташа диаметрлерінің жасқа байланысты өзгерістерін зерттеу үшін мақсатты-өлшеу таксациясы деректерінің массиві қалыптастырылды. Таксация материалдарының көлемі вариациялық статистика талаптарына сай болды. Осылайша, бес жылдағы орташа биіктіктің орташа статистикалық мәндерін анықтау дәлдігі $\pm 2,5\% \div \pm 6,5\%$, ал орташа диаметрі тиісінше $\pm 3,0\% \div \pm 7,0\%$ диапазонында болады, бұл жасқа байланысты өзгерістер модельдерін құру деректерінің сенімділігін көрсетеді.

Зерттеу әдістері. Далалық зерттеулер ССТ 56-69-83 салалық стандартының талаптарына сәйкес 135 сынақ алаңын салудан тұрды. Сынақ салу әдістері «Алғашқы орман-таксациялық деректерді жинау өзен арнасына қатысты ландшафтқа бағдарланған орман өсіру формациясының орман типтері тобында – қара теректерде жүзеге асырылды. Бастапқы ақпарат діндердің диаметрлерін 0,1 см-ге дейін өлшеу дәлдігімен ағаштарды

үздіксіз санау арқылы жиналды. Барлығы 27231 диаметр өзгерісі және 1282 ағаш биіктігінің өзгеруі жүргізілді.

Сынақ алаңдарында екпелер, әдетте, қара терек пен ілеспе тұқымдылар - ақ терек, ақ тал және тегіс қарағаш басым аралас сүректіндермен ұсынылған. Қосымша талдауға сүректіндерді нысаналы-өлшеу таксациясының 3204 телімінің деректері енгізілген.

Далалық материалдардың статистикалық талдауы Корсунь-Бакманның өсу функциясын және Дрейпер мен Смит әдістемесі бойынша орман типтері топтарының атаулары мен ағаш түрлерінің атауларын кодтайтын болжаушыларды біріктіретін бірнеше регрессия әдісімен жүзеге асырылады [27].

Өсу барысының тұқымдық-орман типологиялық моделін алуға арналған матрица. Зерттеудің бірінші міндеті ағаш бұтақтарының орташа биіктігі мен орташа диаметрінің орташа статистикалық көрсеткіштерінің өсуінің ағаш тұқымды-типологиялық моделін жасау болды.

Мәселені шешу үшін орман өсу жағдайларының ландшафттық-типологиялық топтарын және белгілі бір формацияда өсетін ағаш түрлерінің барлық алуан түрлілігін кодтайтын екілік айнымалылар матрицасы құрастырылды (1-кесте).

Кесте 1 – Орман түрлерінің кодтау топтары мен орман өсу формациясының ағаш түрлерінің матрицасы – Қара терек

Орман түрлерінің тобы (X_i)	Ағаш түрлері	Блокты айнымалылары					
		X_1	X_2	X_3	Z_1	Z_2	Z_3
Жоғары деңгейлі өзен қара теректері (ЖДҚТ)	Тегіс қарағаш	0	0	0	0	0	0
	Ақ тал (Z_1)	0	0	0	1	0	0
	Ақ терек (Z_2)	0	0	0	0	1	0
	Қара терек (Z_3)	0	0	0	0	0	1
Орталық жайылманың ойпатты қара терек ормандары (көне өзен жағалауы) (ОЖОҚТ) (X_1)	Тегіс қарағаш	1	0	0	0	0	0
	Ақ тал (Z_1)	1	0	0	1	0	0
	Ақ терек (Z_2)	1	0	0	0	1	0
	Қара терек (Z_3)	1	0	0	0	0	1
Өзендік жайылманың орта деңгейлеріндегі қара терек ормандары (ӨЖОҚТ) (X_2)	Тегіс қарағаш	0	1	0	0	0	0
	Ақ тал (Z_1)	0	1	0	1	0	0
	Ақ терек (Z_2)	0	1	0	0	1	0
	Қара терек (Z_3)	0	1	0	0	0	1
Орталық жайылманың орта деңгейлеріндегі қара терек ормандары (ОЖОҚТО) (X_3)	Тегіс қарағаш	0	0	1	0	0	0
	Ақ тал (Z_1)	0	0	1	1	0	0
	Ақ терек (Z_2)	0	0	1	0	1	0
	Қара терек (Z_3)	0	0	1	0	0	1

Үш деңгейлі өсу ілгерілеу үлгісіне арналған матрица. Келесі кезеңде H_{cp} және D_{cp} вариация диапазоны көрсетілген морфометриялық көрсеткіштердің өсу курсының үш деңгейлі үлгілеріне енгізілді. Өсу курсының үлгілеріне жайылманың ландшафттық-типологиялық орман түзілімдерінің барлық кешені кіреді: орман түрлерінің 4 тобы, 3 өнімділік деңгейі және ағаш түрлерінің 3 атауы.

Модельге енгізілген айнаымалылардың кодтау матрицасы 2-кесте түрінде берілген.

Кесте 2 – Өнімділік деңгейлерінің кодтау матрицасы, орман түрлерінің топтары және орман түзілісінің ағаш түрлері – Қара терек

Өнімділік деңгейі (код - X_i)	Орман түрінің тобы (код Z_i)	Ағаш түрі (код F_i)	Блокты айнаымалылары								
			X_1	X_2	Z_1	Z_2	Z_3	F_1	F_2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Деңгей I - жоғары	ЖДҚТ	АТал	0	0	0	0	0	0	0	0	
		АТерек (F_1)	0	0	0	0	0	0	1	0	
		Қтерек (F_2)	0	0	0	0	0	0	0	1	
	ОЖОҚТ (Z_1)	АТал	0	0	1	0	0	0	0	0	
		АТерек (F_1)	0	0	1	0	0	0	1	0	
		Қтерек (F_2)	0	0	1	0	0	0	0	1	
	ӨЖОҚТ (Z_2)	АТал	0	0	0	1	0	0	0	0	
		АТерек (F_1)	0	0	0	1	0	0	1	0	
		Қтерек (F_2)	0	0	0	1	0	0	0	1	
	ОЖОҚТО (Z_3)	АТал	0	0	0	0	1	0	0	0	
		АТерек (F_1)	0	0	0	0	1	1	0	0	
		Қтерек (F_2)	0	0	0	0	1	0	0	1	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Деңгей II - орта (X_1)	ЖДҚТ	АТал	1	0	0	0	0	0	0	0
			АТерек (F_1)	1	0	0	0	0	0	1	0
Қтерек (F_2)			1	0	0	0	0	0	0	1	
ОЖОҚТ (Z_1)		АТал	1	0	1	0	0	0	0	0	
		АТерек (F_1)	1	0	1	0	0	0	1	0	
		Қтерек (F_2)	1	0	1	0	0	0	0	1	
ӨЖОҚТ (Z_2)		АТал	1	0	0	1	0	0	0	0	
		АТерек (F_1)	1	0	0	1	0	0	1	0	
		Қтерек (F_2)	1	0	0	1	0	0	0	1	
ОЖОҚТО (Z_3)		АТал	1	0	0	0	1	0	0	0	
		АТерек (F_1)	1	0	0	0	1	1	0	0	
		Қтерек (F_2)	1	0	0	0	1	0	0	1	
Деңгей III - төменгі (X_2)		ЖДҚТ	АТал	0	1	0	0	0	0	0	0
			АТерек (F_1)	0	1	0	0	0	0	1	0
			Қтерек (F_2)	0	1	0	0	0	0	0	1
	ОЖОҚТ (Z_1)	АТал	0	1	1	0	0	0	0	0	
		АТерек (F_1)	0	1	1	0	0	0	1	0	
		Қтерек (F_2)	0	1	1	0	0	0	0	1	
	ӨЖОҚТ (Z_2)	АТал	0	1	0	1	0	0	0	0	
		АТерек (F_1)	0	1	0	1	0	0	1	0	
		Қтерек (F_2)	0	1	0	1	0	0	0	1	
	ОЖОҚТО (Z_3)	АТал	0	1	0	0	1	0	0	0	
		АТерек (F_1)	0	1	0	0	1	1	0	0	
		Қтерек (F_2)	0	1	0	0	1	0	0	1	

Орташа биіктік кластары бойынша өсу бағытын саралау үшін орман типологиялық моделін таңдау (Н30). Үшінші мәселенің шешімі орталық жайылманың орта деңгейлеріндегі қара терек ормандарында (ОЖОҚТО) өсетін қара терек (*Populus nigra*) мысалын пайдалана отырып, орташа биіктіктегі (Н30) кластары бойынша ағаш екпелерінің өсу ағымының орман типологиялық үлгісін жасаудан тұрды.

Орта биіктіктегі орман типологиялық кластарының регрессиясын құру деректері орталық жайылманың орта деңгейлерінің қара терек ормандары – орман түрлері тобына сәйкес келетін орташа биіктіктегі үш деңгейлі түр-орман типологиялық үлгісінің кестелік мәндері болды (12).

Зерттеу нәтижелері. Сүректіңдердің өсу барысының түрлік-орман типологиялық модельдері. Орташа статистикалық биіктіктер мен диаметрлердің жасқа байланысты өзгерістерін модельдеу Корсун-Бакман өсу функциясының көмегімен орындалды (1)

$$H_{cp}^{cp}, D_{cp}^{cp} = \exp(a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A) \quad (1)$$

Орман типті топтарын (X) және ағаш түрлерін (Z) кодтайтын жалған айнымалылармен өсу функциясының комбинациясы регрессиялық модельге келесі жалпы пішінді берді:

$$H_{орт}^{орт}, D_{орт}^{орт} = \exp \left(\sum_{k=0}^2 \ln^k A \left(a_k + \sum_{i=1}^n b_{k,i} X_i + \sum_{j=1}^m c_{k,j} Z_j \right) \right) \quad (2)$$

ондағы:

$H_{орт}^{орт}, D_{орт}^{орт}$ – ағаш түрлерінің орташа биіктігі (м), орташа диаметрі (см);

A – сүректіңнің жасы, жыл;

X, Z – орман типтері топтары мен ағаш түрлерін кодтайтын айнымалылар;

a, b, c – модель параметрлері;

k, i, j – индекстер.

Соңғы түрінде регрессиялық модельдер келесідей:

$$H_{орт}^{орт} = \exp(-1,93563 + 1,62630 \ln A - 0,11616 \ln^2 A + \ln A(0,01928X_1 + 0,1393X_2 + 0,00805X_3) + \ln^2 A(-0,00684X_1 - 0,04022X_2 - 0,00374X_3) + \ln A(0,41436Z_1 + 0,53407Z_2 + 0,47131Z_3) + \ln^2 A(-0,08784Z_1 - 0,11224Z_2 - 0,09995Z_3)) \quad (3)$$

$$R^2 = 0,983; ES \pm 6,3\%; t_{есептік} > t_{05} = 1,96.$$

$$D_{орт}^{орт} = \exp(-2,02555 + 1,73997 \ln A - 0,11685 \ln^2 A + \ln A(0,12332X_1 - 0,00696X_2 + 0,10079X_3) + \ln^2 A(-0,03324X_1 + 0,00073X_2 - 0,02495X_3) + \ln A(0,19099Z_1 + 0,23436Z_2 + 0,25165Z_3) + \ln^2 A(-0,02363Z_1 - 0,03075Z_2 - 0,03795Z_3)) \quad (4)$$

$$R^2 = 0,990; ES = \pm 6,8\%; t_{есептік} > t_{05} = 1,96.$$

ондағы:

H - орман түрлерінің X_i тобындағы ағаш түрінің Z_i орташа биіктігі, м;

D - орман түрлерінің X_i тобындағы ағаш түрінің Z_i орташа диаметрі, см;

A - жас, жыл;

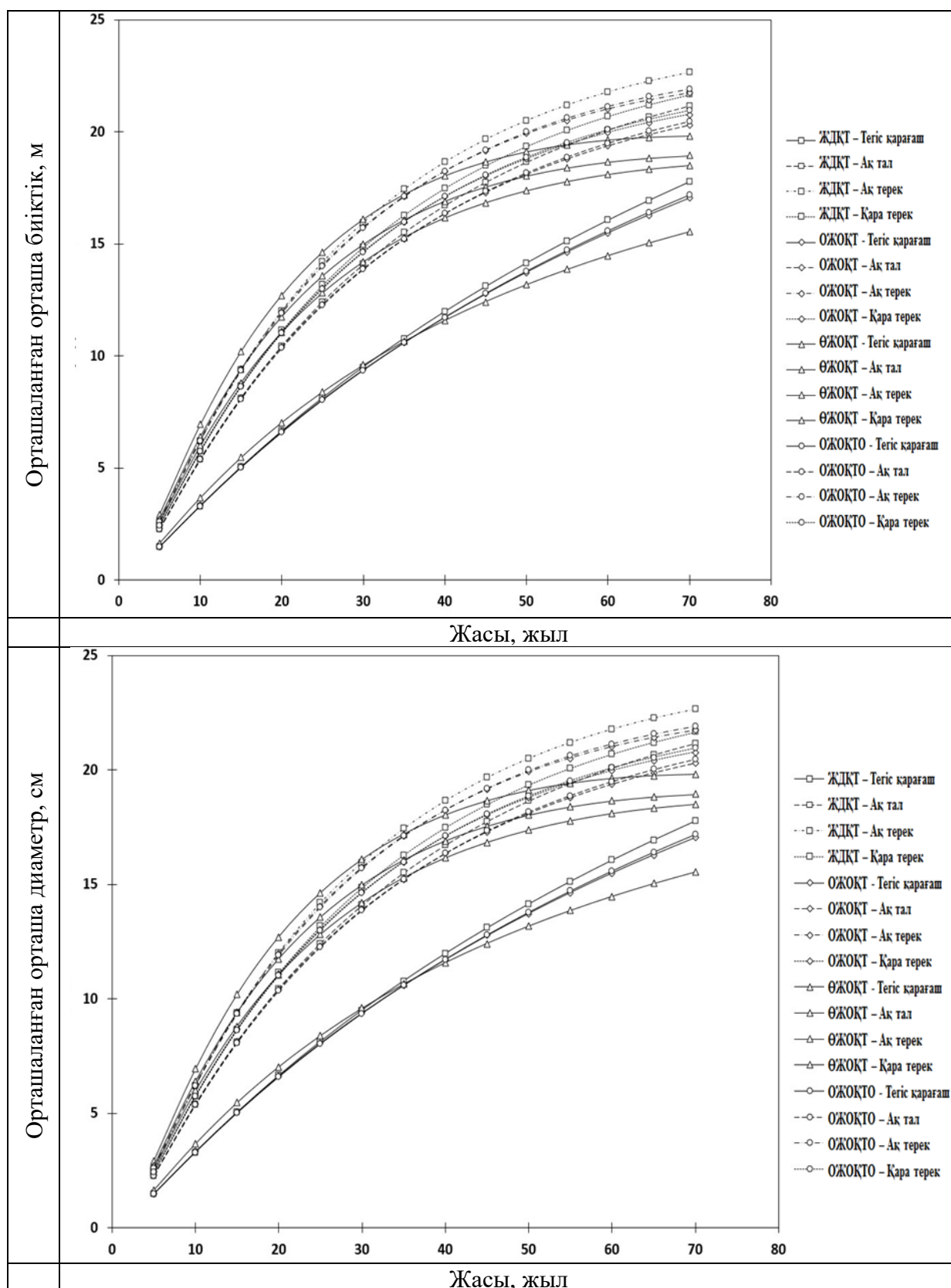
R^2 - детерминация көрсеткіші;

ES - стандартты теңдеу қатесі;

$t_{есептік}$ - теңдеудің сандық коэффициенттерінің маңыздылығының критерийі;

Детерминация коэффициенттерінің алынған мәндері ($R^2=0,983-0,990$) және теңдеулердің басқа статистикалық параметрлері үлгілердің жоғары сенімділігін көрсетеді. Орман алқаптарының орташа биіктігі мен орташа диаметрлерінің өсу регрессиялық

сызықтары түрлер бойынша және орман типтік топтары бойынша орташаланған 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1 – Орман типтері тобы бойынша орман құраушы ағаш түрлерінің орташа биіктігінің (жоғарғы) және орташа диаметрінің (төменгі) жасына байланысты өзгерістері

Тегіс қарағашқа қатысты регрессия сызықтары орман типінің тобына қарамастан, басқа орман құраушы ағаш түрлеріне қарағанда айтарлықтай төмен. Бұл ағаш түрінің патогендік аурулар мен жәндіктер зиянкестеріне қоршаған ортаға төзімділігі төмен болуы ағаштардың санитарлық жағдайын айтарлықтай нашарлатады, оларды бірінші кезекте отырғызу кезінде кесу керек.

Зерттеудің екінші міндетіне дендроценоз элементтерінің орташа биіктігі мен орташа диаметрі бойынша өсу ағымының үш деңгейлі ағаш түрі-орман типологиялық моделін жасау кірді. Орташа биіктіктер мен диаметрлердің шекті мәндерін модельдеу үшін екілік айнымалылардың матрицасы пайдаланылды (3-кесте).

Кесте 3 – Ағаш өскіндерінің орташа биіктігі мен диаметрінің шекті мәндерінің үлгілеріндегі ағаш түрлерін кодтайтын екілік айнымалылардың матрицасы

Ағаш түрі	Блокты айнымалылар		
Тегіс қарағаш	0	0	0
Ақ тал	1	0	0
Ақ терек	0	1	0
Қара терек	0	0	1

Кодталған орман құраушы түрлер үшін деректер массивінің орташа статистикалық мәндерінен орман алқаптарының орташа биіктіктерінің вариация диапазонының регрессиялық моделі жалпы түрдегі өрнекпен ұсынылған:

$$H_{\min}^{\text{орт}}, H_{\max}^{\text{орт}} = \exp \left(a_0 + a_1 \ln H_{\text{cp}}^{\text{cp}} + \ln H_{\text{cp}}^{\text{cp}} \left(\sum_{i=1}^n b_i X_i \right) \right) \quad (5)$$

ондағы:

$H_{\min}^{\text{орт}}, H_{\max}^{\text{орт}}$ – ағаш түрлерінің құрамдас бөліктерінің орташа биіктігінің минималды және максималды мәндері, м;

$H_{\text{cp}}^{\text{cp}}$ – сүректіңдердің орташа биіктігінің орташа мәні, м;

X_i – кодталған ағаш түрі.

Орташа биіктіктердің өзгеру диапазонын анықтау үшін (6), (7) теңдеулер алынды, ал орташа диаметрлердің диапазонын анықтау үшін (9), (10) теңдеулер алынды.

$$H_{\min}^{\text{орт}} = \exp (-0,8883 + 1,21605 \ln H_{\text{cp}}^{\text{cp}} + \ln H_{\text{cp}}^{\text{cp}} (-0,07897 X_1 - 0,25315 X_2 - 0,14635 X_3)) \quad (6)$$

$$R^2=0,870; ES=\pm 22,0\%; t > t_{05}=1,96; F=63,5 \text{ оның } P < 0,05$$

$$H_{\max}^{\text{орт}} = \exp (1,06077 + 0,68393 \ln H_{\text{cp}}^{\text{cp}} + \ln H_{\text{cp}}^{\text{cp}} (0,09182 X_1 + 0,11500 X_2 + 0,11904 X_3)) \quad (7)$$

$$R^2=0,954; ES=\pm 10,0\%; t > t_{05}=1,96; F=199,3 \text{ оның } P < 0,05$$

Кодталған орман құраушы түрлер үшін орман алқаптарының орташа диаметрлерінің вариация диапазонының регрессиялық моделі жалпы түрдегі өрнекпен ұсынылған:

$$D_{\min}^{\text{орт}}, D_{\max}^{\text{орт}} = \exp \left(a_0 + a_1 \ln D_{\text{cp}}^{\text{cp}} + \ln D_{\text{cp}}^{\text{cp}} \left(\sum_{i=1}^n b_i X_i \right) \right) \quad (8)$$

ондағы:

$D_{\min}^{\text{орт}}, D_{\max}^{\text{орт}}$ - құрамдас ағаш түрлерінің ағаш бұтақтарының орташа диаметрлерінің ең төменгі және ең үлкен мәндері, см;

D_{cp}^{cp} - ағаш бұтақтарының орташа диаметрінің орташа статистикалық мәні, см.

$$D_{min}^{cp} = \exp(-1,38969 + 1,3666 \ln D_{cp}^{cp} + \ln D_{cp}^{cp}(-0,09540X_1 - 0,16327X_2 - 0,15484X_3)) \quad (9)$$

$$R^2=0,946; ES=\pm 21,0\%; t>t_{05}=1,96; F=172,3 \text{ нпу } P<0,05$$

$$D_{max}^{cp} = \exp(1,01252 + 0,74166 \ln D_{cp}^{cp} + \ln D_{cp}^{cp}(0,10983X_1 + 0,11872X_2 + 0,10846X_3)) \quad (10)$$

$$R^2=0,977; ES=\pm 9,0\%; t>t_{05}=1,96; F=411,5 \text{ нпу } P<0,05$$

Теңдеулердің статистикалық параметрлері олардан алынған орташа биіктіктер мен диаметрлердің шекті мәндерінің сенімділігінің жоғары дәрежесін көрсетеді.

Сүректің өсу барысының үш деңгейлі модельдері. (3), (4) теңдеулерін (6), (7) - (9), (10) теңдеулерімен біріктіру олардың вариациясының барлық диапазонында ағаш өскіндерінің орташа биіктіктері мен орташа диаметрлерінің жасқа байланысты өзгерістерінің үш деңгейлі ағаш түрі-орман типологиялық үлгілерін құру үшін мәліметтер алуға мүмкіндік берді.

Модельдерді құру орташа биіктіктердің ($H_I - H_{III}$) және орташа диаметрлердің ($D_I - D_{III}$) - (X_i) үш деңгейін кодтайтын екілік айнымалылар матрицасына негізделген, орман түрлерінің төрт тобы - (Z_i) және үш ағаш түрі - (F_i) (2-кесте).

Көпмүшелік өсу функциясының үш айнымалысы бар комбинациясы жалпы форманың математикалық өрнегі арқылы берілген:

$$H_{орт}^{орт}, D_{орт}^{орт} = \exp\left(\sum_{k=0}^3 \ln^k A \left(a_k + \sum_{i=1}^n b_{k,i} X_i + \sum_{j=1}^m c_{k,j} Z_j + \sum_{q=1}^p d_{k,q} F_q \right)\right) \quad (11)$$

Осылайша, ағаш өскіндерінің орташа биіктігі (12) және орташа диаметрі (13) бойынша өсу ағымының үш деңгейлі ағаш түрлері-орман типологиялық үлгілері келесі түрдегі регрессиялармен ұсынылған:

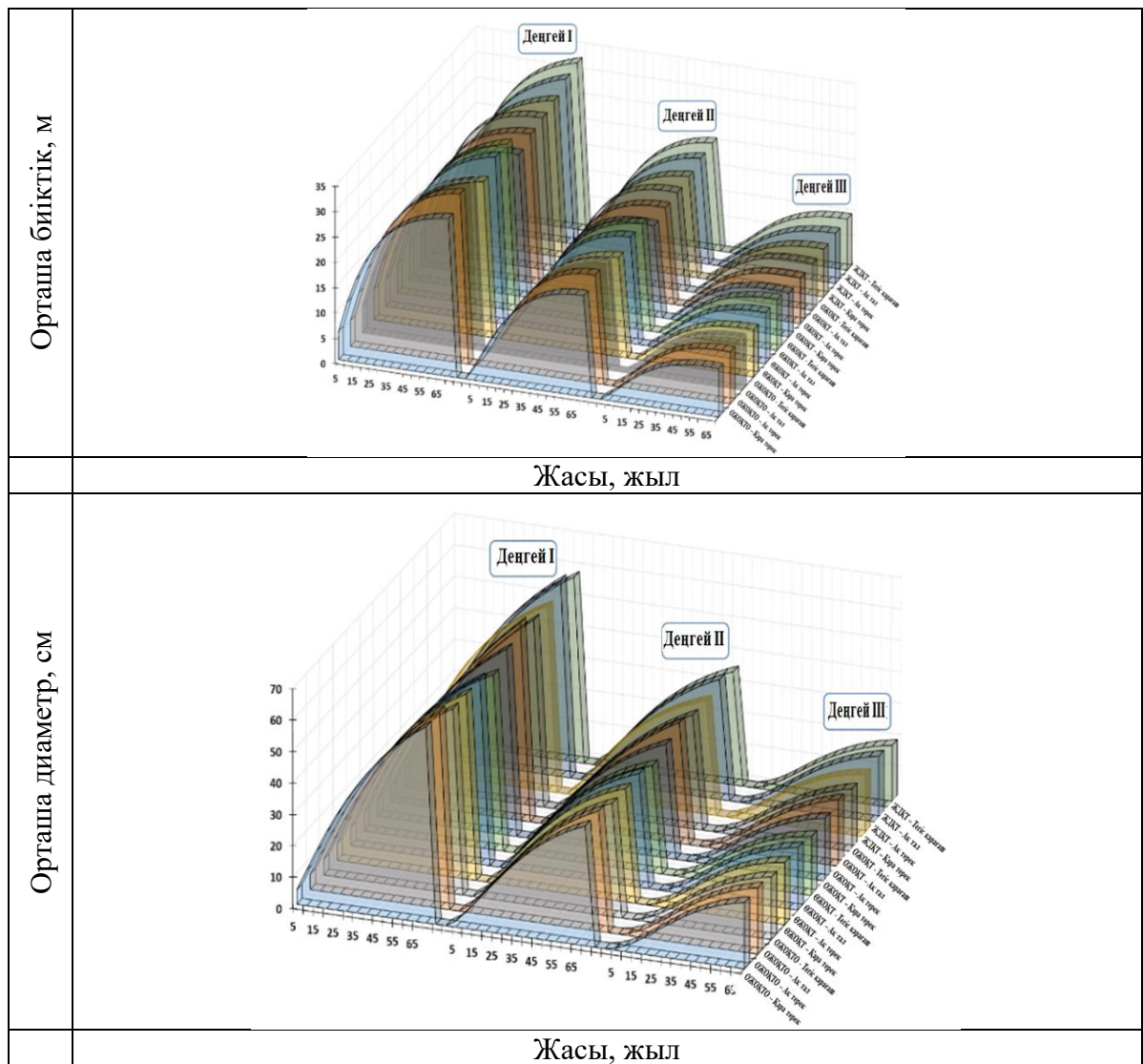
$$H_{орт}^{орт} = \exp(-0,49901 + 1,37916 \ln A - 0,02418 \ln^3 A + \ln A(-1,08091X_1 - 2,06770X_2) + \ln^2 A(0,45443X_1 + 0,82467X_2) + \ln^3 A(-0,05289X_1 - 0,09499X_2) + \ln A(0,14381Z_1 + 0,25777Z_2 + 0,13315Z_3) + \ln^2 A(-0,08487Z_1 - 0,11657Z_2 - 0,08193Z_3) + \ln^3 A(0,01177Z_1 + 0,01177Z_2 + 0,01177Z_3) + \ln A(+0,20737F_1 + 0,14947F_2) + \ln^2 A(-0,10770F_1 - 0,07742F_2) + \ln^3 A(0,01294F_1 + 0,009918F_2)) \quad (12)$$

$$R^2=0,984; ES=\pm 9,0\%; t>t_{05}=1,96; F=1268,6 \text{ оның } P<0,05$$

$$D_{орт}^{орт} = \exp(-0,86401 + 1,52981 \ln A - 0,01960 \ln^3 A + \ln A(-1,05469X_1 - 2,64443X_2) + \ln^2 A(+0,41629X_1 + 1,08970X_2) + \ln^3 A(-0,04596X_1 - 0,12416X_2) + \ln A(0,25823Z_1 + 0,12435Z_2 + 0,23508Z_3) + \ln^2 A(-0,11628Z_1 - 0,08138Z_2 - 0,10777Z_3) + \ln^3 A(0,01233Z_1 + 0,01233Z_2 + 0,01233Z_3) + \ln A(+0,14797F_1 + 0,16575F_2) + \ln^2 A(-0,08109F_1 - 0,08880F_2) + \ln^3 A(0,01093F_1 + 0,01098F_2)) \quad (13)$$

$$R^2=0,997; ES=\pm 5,5\%; t>t_{05}=1,96; F=6679,9 \text{ оның } P<0,05$$

Үш деңгейлі модельдердің графикалық интерпретациясы ағаш тұқымдарының орташа биіктігі мен диаметрінің әрбір деңгейі үшін ағаш түрлерінің өз арасында да, орман түрлері топтарында да өсу қарқынының сәйкессіздігін анық көрсетеді (2-сурет).



Сурет 2 – Төрт орман типті топтарындағы үш ағаш түрінің орташа биіктігінің (жоғарғы) және орташа диаметрінің (төменгі) үш деңгейіндегі жасқа байланысты өзгерістер

Қорытынды. Жүргізілген ғылыми зерттеулер келесі негізгі қорытындыларды жасауға мүмкіндік береді:

1. Орман элементтерінің орташа биіктігі мен диаметрінің өсу барысы өсу функциясының синергизмін орман типтері мен ағаш түрлерінің топтарын кодтайтын екілік айнымалылармен біріктіретін асинхронды орман-типологиялық және тұқымдық-түрлік регрессиялармен сәтті сипатталады. Анықтау коэффициенттері $R_H^2 = 0,983$; $R_D^2 = 0,990$ және теңдеулер қателері $ES_H = \pm 6,3\%$; $ES_D = \pm 6,8\%$ модельдердің сенімділігін көрсетеді.

2. Орман элементтерінің орташа максималды және ең төменгі биіктіктері, орташа максималды және минималды диаметрлері орман құраушы ағаш түрлері контекстіндегі массив бойынша орташа статистикалық мәндермен тығыз байланысты. Теңдеулердің анықтау индекстері ($R_{Hmin}^2=0,946$; $R_{Hmax}^2=0,954$; $R_{Dmin}^2=0,870$; $R_{Dmax}^2=0,977$) және қатесі теңдеулер $ES_{min} = \pm 22,0\%$; $ES_{Hmax} = \pm 10,0\%$; $ES_{Dmin} = \pm 21,0\%$; $ES_{Dmax} = \pm 9,0\%$ орман екпелерінің орташа биіктігі мен орташа диаметрлерінің шекті мәндерін сенімді анықтауды көрсетеді.

3. Үш деңгейлі өсу модельдері орман өсу жағдайларының, түрлерінің және кеңістіктік құрылымының барлық диапазонында жасына байланысты орман алқаптарының салық салу көрсеткіштерінің өзгеруін бағалауға мүмкіндік береді. Орташа биіктік ($R^2=0,984$; $ES=\pm 9,0\%$) және орташа диаметр ($R^2=0,997$; $ES=\pm 5,5\%$) үлгілерінің дәлдік көрсеткіштері модельдеу нәтижелерінің сенімділігінің жоғары дәрежесін көрсетеді.

4. Орташа биіктік пен орташа диаметрдің шекті мәндерінің үлгілері негізінде жекелеген ағаш тұқымдары үшін орман екпелерінің 30 жасында берілген градациямен орташа биіктік пен диаметр кластарының орман типологиялық шкалалары тұрғызылды. Орталық жайылманың ортаңғы деңгейлеріндегі қара терек алқаптарының мысалын пайдалана отырып, қара теректің жабық алқаағаштары үшін өсу үстелдері жасалды.

5. Орташа биіктіктегі (H_{30}), салыстырмалы орташа диаметрдегі ($D_{\text{салыс.30}}$) орман типологиялық кластарын статистикалық үлгілерге енгізу әртүрлі тығыздықтағы орман алқаптарының өсу барысының кестелері мен кестелерін құруға мүмкіндік береді. $M=f(H_{30}, H_{\text{орт.}}, D_{\text{салыс.30}})$ резервтік моделінің функционалдығы $R^2=0,998$ анықтау индексі және $ES_M=\pm 3,4\%$ қатесі бар регрессияны құруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Загреев, В.В. Общесоюзные нормативы для таксации лесов \[Текст] / В.В. Загреев, В.И. Сухих, А.З. Швиденко [и др.]. – Москва: Колос, 1992. – 495 с.

2 Зейде, Б.Б. Стандартизация рядов хода роста основных таксационных показателей \[Текст] / Б.Б. Зейде // Лесное хозяйство. – Москва, 1968. – № 10. – С. 54–57.

3 Загреев, В.В. Типизация и стандартизация естественных рядов роста древостоев \[Текст] / В.В. Загреев // Лесное хозяйство. – Москва, 1976. – № 11. – С. 69–74.

4 Загреев, В.В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев \[Текст] / В.В. Загреев. – Москва: Лесная промышленность, 1978. – 240 с.

5 Разин, Г.С. Изучение и моделирование хода роста древостоев различной густоты (на примере ельников Пермской области): Методические рекомендации \[Текст] / Г.С. Разин. – Ленинград: ЛенНИИЛХ, 1977. – 43 с.

6 Разин, Г.С. О ходе роста древостоев. Докматизм в лесной таксации \[Текст] / Г.С. Разин, М.В. Рогозин // Вестник Пермского университета. Серия биология. – Пермь, 2009. – Вып. 10(36). – С. 9–38.

7 Разин, Г.С. О законах и закономерностях роста и развития, жизни и отмирания древостоев \[Текст] / Г.С. Разин, М.В. Рогозин // Лесное хозяйство. – Москва, 2010. – № 2. – С. 19–20.

8 Рогозин, М.В. Лесные культуры Теплоуховых в имении Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели \[Текст] / М.В. Рогозин, Г.С. Разин. – Пермь: Пермский ГНИУ, 2012. – 210 с.

9 Демаков, Ю.П. Динамика производительности и состава древостоев в различных экотопах заповедника «Большая Кокшага» \[Текст] / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев // Научные труды заповедника «Большая Кокшага». – 2009. – Вып. 4. – С. 24–66.

10 Демаков, Ю.П. Изменчивость и классификация форм кривых хода роста деревьев в онтогенезе \[Текст] / Ю.П. Демаков // Лесной журнал. – Архангельск: ИВУЗ, 2002. – № 4. – С. 32–36.

11 Демаков, Ю.П. Потенциальная производительность древостоев основных лесообразующих пород в России \[Текст] / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев // Эко-потенциал. – 2014. – № 4(8). – С. 41–50.

12 Демаков, Ю.П. Распространение и производительность ельников в различных экотопах Республики Марий Эл \[Текст] / Ю.П. Демаков, А.А. Симанова // Научный диалог. – 2013. – Вып. 3(15). – С. 26–42.

13 Демаков, Ю.П. Сосняки сфагновые Марийского полесья: структура, рост и продуктивность \[Текст] / Ю.П. Демаков, М.Г. Сафин, С.М. Швецов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2012. – 275 с.

14 Демаков, Ю.П. Структура ельников Республики Марий Эл и закономерности распространения елей рода *Picea* в её лесном фонде \[Текст] / Ю.П. Демаков, А.А. Симанова // Хвойные бореальной зоны. – 2014. – № 5–6. – С. 29–35.

15 Демаков, Ю.П. Структура и закономерности развития древостоев с участием дуба в лесах Марийского Предволжья \[Текст] / Ю.П. Демаков, В.Г. Краснов, А.В. Исаев //

Вестник Удмуртского университета. – 2015. – Т. 25, Вып. 4. – С. 53–62.

16 Демаков, Ю.П. Устойчивость лесных экосистем: методологические и методические аспекты \[Текст\] / Ю.П. Демаков. – Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 2000. – 416 с.

17 Хлюстов, В.К. Комплексная оценка и управление древесными ресурсами: Модели-нормативы-технологии \[Текст\] / В.К. Хлюстов. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – Книга I. – 399 с.

18 Хлюстов, В.К. Комплексная оценка и управление древесными ресурсами. Модели-нормативы-технологии \[Текст\] / В.К. Хлюстов. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – Книга II. – 449 с.

19 Яковлев, Ф.С. Классификация и основные закономерности распространения ольшаников и дубняков в поймах рек Дона и Н. Волги \[Текст\] / Ф.С. Яковлев // Научные записки Воронежского лесохозяйственного института. – Воронеж: Воронежское обл. книгоиздательство, 1946. – Т. 9. – С. 40–55.

20 Марков, М.В. Древесно-кустарниковая растительность пойм рек Волги и Камы в пределах ТАССР \[Текст\] / М.В. Марков, М.И. Фирсова // Ученые записки Казанского государственного университета имени В.И. Ульянова-Ленина. – Казань, 1955. – Т. 115, Кн. 5. – С. 5–110.

21 Никитин, С.А. Лесорастительные условия низовий реки Урал \[Текст\] / С.А. Никитин // Труды института леса. – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1957. – Т. 34. – С. 7–27.

22 Гудочкин, М.В. Леса Казахстана \[Текст\] / М.В. Гудочкин, П.С. Чабан. – Алма-Ата: Казахское гос. изд-во, 1958. – 323 с.

23 Токарев, А.Д. Типы пойменных лесов реки Урала \[Текст\] / А.Д. Токарев // Труды Казахского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации. – Алма-Ата, 1975. – Т. 9. – С. 266–278.

24 Бирюков, В.Н. Классификация лесной растительности лесостепной и степной зон Казахстана \[Текст\] / В.Н. Бирюков, А.Д. Токарев // Экология. – Москва, 1973. – С. 26–28.

25 Основные положения организации и развития лесного хозяйства Уральской области \[Текст\]. – Алма-Ата, 1992. – 411 с.

26 Elekesheva, M., Khlyustov, V., Dulatbay, Y. Ecological Aspects and Methodology for Assessing the Forests of the Ural Floodplain \[Текст\] / M. Elekesheva, V. Khlyustov, Y. Dulatbay // Sustainability. – 2024. – Vol. 16, № 12. – P. 1–21.

27 Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ \[Текст\] / Н. Дрейпер, Г. Смит. – Москва: Статистика, 1973. – 392 с.

REFERENCES

1 Zagreev, V.V. Obshchesoyuznye normativy dlya taksacii lesov \[Текст\] / V.V. Zagreev, V.I. Suhin, A.Z. SHvidenko, \[i dr.]. – Moskva: Kolos, 1992. – 495 s.

2 Zejde, B.B. Standartizaciya ryadov hoda rosta osnovnyh taksacionnyh pokazatelej \[Текст\] / B.B. Zejde // Lesnoe hozyajstvo. – Moskva, 1968. – № 10. – S. 54–57.

3 Zagreev, V.V. Tipizaciya i standartizaciya estestvennyh ryadov rosta drevostoev \[Текст\] / V.V. Zagreev // Lesnoe hozyajstvo. – Moskva, 1976. – № 11. – S. 69–74.

4 Zagreev, V.V. Geograficheskie zakonomernosti rosta i produktivnosti drevostoev \[Текст\] / V.V. Zagreev. – Moskva: Lesnaya promyshlennost', 1978. – 240 s.

5 Razin, G.S. Izuchenie i modelirovanie hoda rosta drevostoev razlichnoj gustoty (na primere el'nikov Permskoj oblasti): Metodicheskie rekomendacii \[Текст\] / G.S. Razin. – Leningrad: LenNIILH, 1977. – 43 s.

6 Razin, G.S. O hode rosta drevostoev. Dogmatizm v lesnoj taksacii \[Текст\] / G.S. Razin, M.V. Rogozin // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya biologiya. – Perm', 2009. – Vyp. 10(36). – S. 9–38.

- 7 Razin, G.S. O zakonah i zakonomernostyah rosta i razvitiya, zhizni i otmiraniya drevostoev \\[Tekst] / G.S. Razin, M.V. Rogozin // Lesnoe hozyajstvo. – Moskva, 2010. – № 2. – S. 19–20.
- 8 Rogozin, M.V. Lesnye kul'tury Teplouhovyh v imenii Stroganovyh na Urale: istoriya, zakony razvitiya, selekciya eli \\[Tekst] / M.V. Rogozin, G.S. Razin. – Perm': Permskij GNIU, 2012. – 210 s.
- 9 Demakov, YU.P. Dinamika proizvoditel'nosti i sostava drevostoev v razlichnyh ekotopah zapovednika «Bol'shaya Kokshaga» \\[Tekst] / YU.P. Demakov, A.V. Isaev // Nauchnye trudy zapovednika «Bol'shaya Kokshaga». – 2009. – Vyp. 4. – S. 24–66.
- 10 Demakov, YU.P. Izmenchivost' i klassifikaciya form krivyh hoda rosta derev'ev v ontogeneze \\[Tekst] / YU.P. Demakov // Lesnoj zhurnal. – Arhangel'sk: IVUZ, 2002. – № 4. – S. 32–36.
- 11 Demakov, YU.P. Potencial'naya proizvoditel'nost' drevostoev osnovnyh lesobrazuyushchih porod v Rossii \\[Tekst] / YU.P. Demakov, A.V. Isaev // Eko-potencial. – 2014. – № 4(8). – S. 41–50.
- 12 Demakov, YU.P. Rasprostranenie i proizvoditel'nost' el'nikov v razlichnyh ekotopah Respubliki Marij El \\[Tekst] / YU.P. Demakov, A.A. Simanova // Nauchnyj dialog. – 2013. – Vyp. 3(15). – S. 26–42.
- 13 Demakov, YU.P. Sosnyaki sfagnovye Marijskogo poles'ya: struktura, rost i produktivnost' \\[Tekst] / YU.P. Demakov, M.G. Safin, S.M. SHvecov. – Joshkar-Ola: MarGTU, 2012. – 275 s.
- 14 Demakov, YU.P. Struktura el'nikov Respubliki Marij El i zakonomernosti rasprostraneniya elej roda Picea v eyo lesnom fonde \\[Tekst] / YU.P. Demakov, A.A. Simanova // Hvojnye boreal'noj zony. – 2014. – № 5–6. – S. 29–35.
- 15 Demakov, YU.P. Struktura i zakonomernosti razvitiya drevostoev s uchastiem duba v lesah Marijskogo Predvolzh'ya \\[Tekst] / YU.P. Demakov, V.G. Krasnov, A.V. Isaev // Vestnik Udmurtskogo universiteta. – 2015. – T. 25, Vyp. 4. – S. 53–62.
16. Demakov, YU.P. Ustojchivost' lesnyh ekosistem: metodologicheskie i metodicheskie aspekty \\[Tekst] / YU.P. Demakov. – Joshkar-Ola: Periodika Marij El, 2000. – 416 s.
- 17 Hlyustov, V.K. Kompleksnaya ocenka i upravlenie drevesnymi resursami: Modeli-normativy-tehnologii \\[Tekst] / V.K. Hlyustov. – Moskva: Izd-vo RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2015. – Kniga I. – 399 s.
- 18 Hlyustov, V.K. Kompleksnaya ocenka i upravlenie drevesnymi resursami. Modeli-normativy-tehnologii \\[Tekst] / V.K. Hlyustov. – Moskva: Izd-vo RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2015. – Kniga II. – 449 s.
- 19 YAKovlev, F.S. Klassifikaciya i osnovnye zakonomernosti rasprostraneniya ol'shanikov i dubnyakov v pojmah rek Dona i N. Volgi \\[Tekst] / F.S. YAKovlev // Nauchnye zapiski Voronezhskogo lesohozyajstvennogo instituta. – Voronezh: Voronezhskoe obl. knigoizdatel'stvo, 1946. – T. 9. – S. 40–55.
- 20 Markov, M.V. Drevesno-kustarnikovaya rastitel'nost' pojm rek Volgi i Kamy v predelah TASSR \\[Tekst] / M.V. Markov, M.I. Firsova // Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni V.I. Ul'yanova-Lenina. – Kazan', 1955. – T. 115, Kn. 5. – S. 5–110.
- 21 Nikitin, S.A. Lesorastitel'nye usloviya nizovij reki Ural \\[Tekst] / S.A. Nikitin // Trudy instituta lesa. – Moskva: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1957. – T. 34. – S. 7–27.
- 22 Gudochkin, M.V. Lesa Kazahstana \\[Tekst] / M.V. Gudochkin, P.S. CHaban. – Alma-Ata: Kazahskoe gos. izd-vo, 1958. – 323 s.
- 23 Tokarev, A.D. Tipy pojmenykh lesov reki Urala \\[Tekst] / A.D. Tokarev // Trudy Kazahskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva i agrolesomelioracii. – Alma-Ata, 1975. – T. 9. – S. 266–278.
- 24 Biryukov, V.N. Klassifikaciya lesnoj rastitel'nosti lesostepnoj i stepnoj zon Kazahstana \\[Tekst] / V.N. Biryukov, A.D. Tokarev // Ekologiya. – Moskva, 1973. – S. 26–28.
- 25 Osnovnye polozheniya organizacii i razvitiya lesnogo hozyajstva Ural'skoj oblasti \\[Tekst]. – Alma-Ata, 1992. – 411 s.

26 Elekesheva, M., Khlyustov, V., Dulatbay, Y. Ecological Aspects and Methodology for Assessing the Forests of the Ural Floodplain \[Tekst\] / M. Elekesheva, V. Khlyustov, Y. Dulatbay // Sustainability. – 2024. – Vol. 16, № 12. – P. 1–21.

27 Drejper, N. Prikladnoj regressionnyj analiz \[Tekst\] / N. Drejper, G. Smit. – Moskva: Statistika, 1973. – 392 s.

РЕЗЮМЕ

Пойменные леса Урала Западно-Казахстанской области представлены насаждениями, закономерности роста и развития которых трудно поддаются изучению. Поэтому для данного региона разработаны лишь таблицы оценки объема стволов деревьев и категорий крупности древесины, а также таблицы оценки запаса сомкнутых древостоев в зависимости от средней высоты. Этих нормативно-справочных материалов недостаточно для успешного решения задач лесопользования и лесного хозяйства региона. В ходе исследований разработана методика разработки моделей роста и продуктивности древостоев лесобразующих пород, произрастающих в различных группах типов леса. В соответствии с методикой разработаны многомерные линейные модели роста, достоверно описывающие закономерности изменения средней высоты и среднего диаметра древостоев во всем диапазоне их изменчивости в разных возрастах. В модели включены предикторы, характеризующие названия древесных пород и групп типов леса, кодируемые фиктивными переменными. Сочетание возраста с названиями лесобразующих пород, возраста с названиями групп типов леса позволило получить статистические модели асинхронного роста с высокой степенью достоверности. На заключительном этапе моделирования получены трёхуровневые модели роста средних высот и диаметров, что позволило детализировать линии регрессии для одной лесобразующей породы, произрастающей в отдельной группе типов леса. Приведён пример построения модели роста древостоев тополя чёрного, произрастающих в условиях средних уровней центральной поймы. Показана возможность разработки региональной классификации насаждений по градиенту уровней средней высоты в базовом возрасте древостоев.