

УДК 712.23: 630*524.634: 519.876

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОСНЯКОВ ПО ПАРАМЕТРАМ ПОЧВЫ И ДРЕВОСТОЯ (ПО ДАННЫМ J. ILVESSALO ИЗ КНИГИ А.К. КАЯНДЕРА О ТИПАХ ЛЕСОВ ЮЖНОЙ ФИНЛЯНДИИ)

Мазуркин П.М.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола,
e-mail: kaf_po@mail.ru

Применительно к ландшафтной архитектуре необходимо в концепции территориального строительства на первое место поставить природные объекты в виде системы «лесная почва – древостой сосняка» естественного происхождения. Для этого вначале необходимо выявить закономерности влияния химических веществ лесной почвы на параметры древостоя. Показана замена типов леса показателями почвы в зависимости от прогнозируемой продуктивности по запасу древесины сосняков по возрастной динамике. Получены высокоадекватные трехфакторные модели. Этому помогло естественное распределение сосняков Южной Финляндии (1916–1918 гг.) по параметрам почвы и древостоя. Поиск лучшего биохимического индикатора типа леса показал, что наилучшим из шести параметров является оксид кальция, а затем общий азот лесной почвы. При этом до 30 лет у сосняков наблюдается колебательное биохимическое возмущение с сильной турбулентностью поведения.

Ключевые слова: почва и сосняки, биохимическое поведение, индикаторы, модели

THE DISTRIBUTION OF PINE FORESTS ON THE PARAMETERS OF THE SOIL AND FOREST STANDS (ACCORDING TO J. ILVESSALO FROM A.K. KAYANDER'S BOOK ABOUT THE WOODS OF THE SOUTHERN FINLAND)

Mazurkin P.M.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education
«Volga State University of Technology», Yoshkar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru

In relation to landscape architecture it is necessary in the concept of territorial construction is proposed in the first place to put natural objects in the form of a system of «forest soil – forest of the pine» of natural origin. For this, we first need to identify natural-STI effect of chemicals on forest soil parameters of forest stands. Shows the change of the forest types of soil parameters, depending on the projected productivity in pine wood stock by increasing development. Get high-adequate three-factor model. This has helped the natural distribution of pine forests in southern Finland (1916–1918) on parameters of soil and tree stand. Search for the best biochemical indicator of forest type showed that the best of the six parameters is calcium oxide, and then total nitrogen forest soil. In this case, up to 30 years for pine observed oscillatory biochemical disturbance with strong turbulence behavior.

Keywords: soil and pine forests, biochemical behavior, indicators, models

Ландшафтная архитектура понимается как искусство создавать гармоничное сочетание естественного ландшафта с освоенными человеком территориями, населенными пунктами, архитектурными комплексами и сооружениями. При этом естественный ландшафт формируется в основном лесами естественного происхождения.

Концепция типизации лесов была сформулирована А.К. Каяндером [1, с. 27–28] так: «...целью типов леса является исключительно только приведение классификации лесных мест произрастания к всеобщему объективному основанию». Но, к сожалению, возраст, климат и сомкнутость внутри древостоя, а также почва под ним он относил к случайным факторам: «...изменения их вызывают очень значительные перемены в общей растительности, но как явления случайного характера – в отношении типов леса – существенного значения не имеют» [1, с. 27–28].

Чуть позже оправдывается следующими словами [1, с. 33]: «Места произрастания не есть нечто неизменное. Их настоящее состояние только в относительном смысле устойчиво».

Цель статьи – показать возможность замены типов леса отдельными биохимическими показателями почвы в зависимости от прогнозируемой продуктивности древостоев по запасу стволовой древесины сосняков по возрастной динамике на примере таблицы хода роста.

Исходные данные. Они получены J. Ilvessalo [1] способом полос. Измерения по 240 пробным площадям в сосняках Финляндии и более 600 проб почвы, выполненные в 1916–1918 годах (табл. 1), были сгруппированы (почвы – в целом, а древостой – по типам леса).

Все изученные сосняки имеют естественное происхождение, образовались после ледникового периода, и их **эволюционный воз-**

раст насчитывает более 10 000 лет. Однако по сравнению с сосняками Сибири с **возрастом при рубке** сосен до 464 лет [2] предельный возраст по таблице хода роста [1, с. 34–35] принят только до 120–150 лет.

Таким образом, **биологический возраст** сосен Финляндии малый, ненамного превышает **технический возраст** хозяйственных сосняков. Однако ценность данных по табл. 1 высока тем, что позволит сравнить по закономерностям с современными (измененными человеком) сосняками Финляндии. Такие ежегодные данные с 1918 г. там существуют.

Таблица 1

Запас деловой древесины
в коре в нормальных сосняках
по данным [1, с. 34–35, 37], м³/га

Возраст древостоя А, лет	прокаливание				
	1,448	1,237	1,029	1,085	0,601
	электролиты				
	794	497	271	418	220
	азот общий N, кг/га				
	3,315	2,428	1,726	1,547	0,860
	фосфор P ₂ O ₅ , кг/га				
	0,492	0,910	1,479	1,08	1,471
	калий K ₂ O, кг/га				
	486	446	449	429	531
	кальций CaO, кг/га				
	1,478	1,257	0,996	0,680	0,464
10	19	13	10	7	–
20	70	60	44	24	3
30	140	135	87	47	10
40	208	200	134	75	17
50	279	260	177	104	31
60	344	313	219	128	46
70	405	363	262	153	62
80	458	407	299	178	80
90	500	443	328	203	98
100	535	472	351	222	114
110	560	492	366	240	132
120	576	503	375	254	148
130	–	–	382	266	164
140	–	–	–	275	180
150	–	–	–	282	195

На рис. 1 показаны пространственные графики влияния возраста и калия, а также возраста и кальция почвы на динамику запаса сосняков.

Остальные вещества (потери от прокаливания, общего содержания электролитов, содержания солей фосфорной кислоты,

содержание оксида калия) дают сложные поверхности отклика (рис. 2). Тогда азот и кальций даже по отдельности могут стать **биохимическими индикаторами** качества лесного места произрастания и тем самым заменить типы леса.

Далее покажем методику многофакторного моделирования изменения запаса V , м³/га. Для этого принимаем все 66 значений запаса стволовой древесины в коре по среднеарифметическим значениям показателя у 240 пробных площадей сосняков по типам леса [1].

Затем можно усложнить задачи и приступать к учету параметров других частей леса.

С возрастом концентрация азота и кальция в почве сосняков возрастает. На богатой азотом и кальцием почве с возрастом интенсивнее нарастает ход роста запаса древесины.

Причем повышение азота дает более крутой рост запаса стволовой древесины (склад питательных веществ деревьев). При малом содержании азота все же заметен ход роста сосняка, а при малой концентрации кальция почти до 100-летнего возраста запас даже снижается, то есть недостаток кальция приводит к флуктуации запаса древесины в стволах сосен.

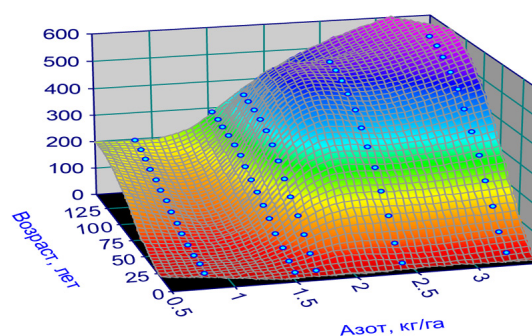
Все четыре вещества дают два максимума хода роста запаса с возрастом.

В интервале потерь от прокаливания почвы от 1,0 до 1,2 единиц наблюдается резкое снижение продуктивности сосняков. По-видимому, наибольшая продуктивность по запасу древесины будет при условии Прок > 1,4 единиц. При содержании электролитов 300–500 единиц будет снижение запаса, максимум продуктивности сосняков есть при Элек > 600 единиц. Фосфор влияет на продуктивность древостоя сосны сложным образом. Он выполняет функции катализатора других биохимических реакций. Но в интервале 1,0–1,4 кг/га в чистом виде однофакторного влияния происходит какое-то аномальное поведение фосфора.

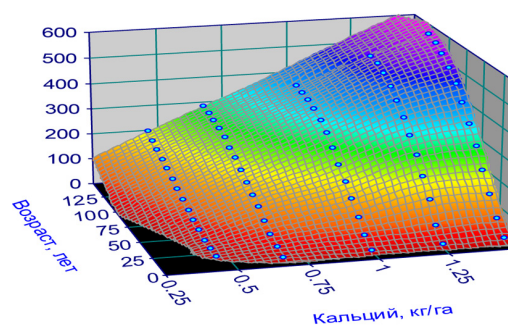
Еще сложнее поведение калия, который выполняет функции поддержки азоту и кальцию. Первый хребет поверхности отклика на рис. 2 показывает, что оптимум содержания калия находится в очень узком интервале, 440–445 кг/га. Затем наступает провал в продуктивности сосняков. Устойчивое влияние калия находится в интервале 485–525 кг/га.

Влияние азота и возраста. Вначале выявлено (рис. 3) влияние азота по формуле

$$V_{N1} = 57,82467 \exp(0,53297 N^{1,00318}) + 37789121,0 N^{44,63953} \exp(-21,63660 N^{0,99947}). \quad (1)$$

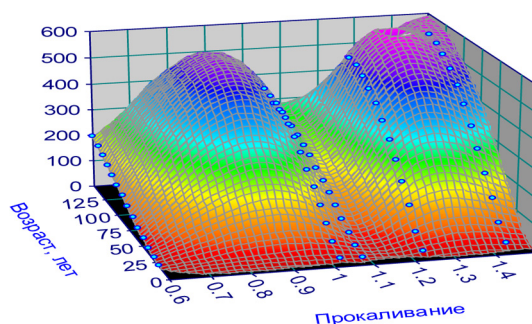


Влияние возраста и азота в почве

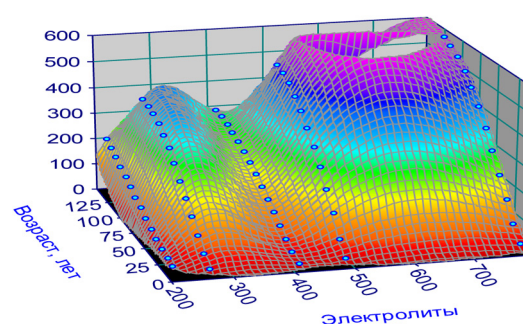


Влияние возраста и кальция в почве

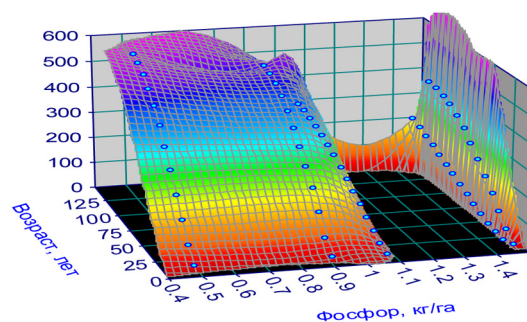
Рис. 1. Изменение запаса древостоя от возраста, содержания азота и кальция в лесной почве



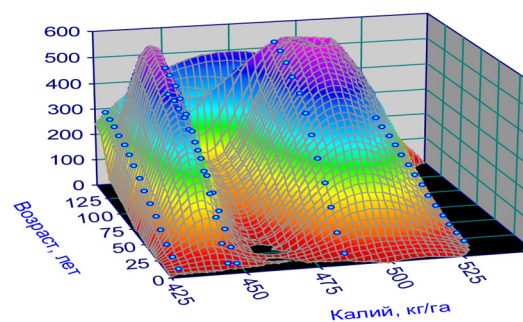
Влияние возраста и прокаливания почвы



Влияние возраста и электролитов в почве



Влияние возраста и фосфора в почве



Влияние возраста и калия в почве

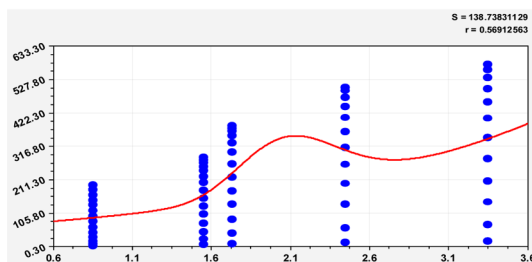
Рис. 2. Изменение запаса древостоя от возраста и содержания биохимических веществ в почве

Стрессовое возбуждение сосняка по стволу древесине наблюдается в интервале концентрации азота в 1,4–2,8 кг/га с максимумом продуктивности при $N_{opt} = 2,1$ кг/га.

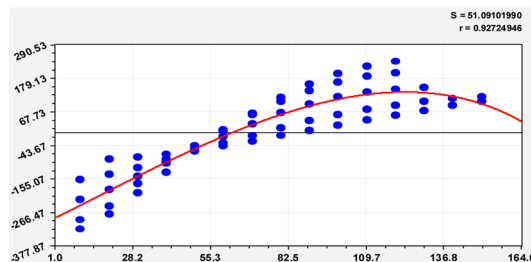
Затем, по остаткам (абсолютной погрешности) от модели (1), получено уравнение

$$V_{N2} = -288,37209 \exp(0,0027810 A^{1,23062}) + 4,73545 A^{1,10103} \quad (2)$$

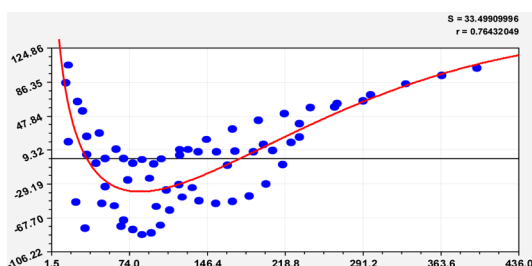
Здесь коэффициент корреляции достигает 0,9272.



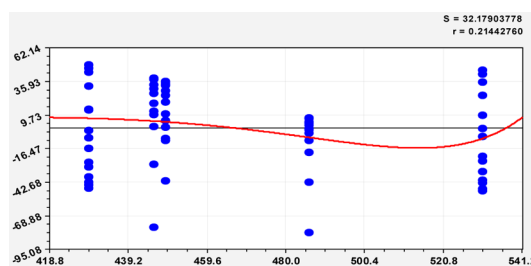
от содержания в почве азота общего, кг/га



от возраста древостоя сосняка, лет



от произведения азота на возраст



от концентрации оксида калия

Рис. 3. Графики изменения запаса древесины в коре в сосняках от азота и калия, м³/га

Очевидно, что общий азот меняется с возрастом, т.е. эти два параметра являются взаимно зависимыми, поэтому введем новый показатель – произведение NA азота на возраст. После структурно-параметрической идентификации была получена закономерность

$$V_{N3} = 15491,69 \exp(-0,00044225(NA)^{1,24317}) - 15108,937(NA)^{0,0077955} \exp(-0,00048807(NA)^{1,23458}). \quad (3)$$

Затем по остаткам от трехчленной модели была идентифицирована модель

$$V_{N4} = 0,0027210 \exp(0,018554K_2O^{1,03983}) - 1,67357 \cdot 10^{-31} K_2O^{12,36981} \quad (4)$$

небольшого влияния калия. Остальные четыре биохимических вещества не участвуют.

Сумма всех четырех составляющих дает общую модель влияния трех переменных.

Влияние кальция и возраста. Отдельно влияние кальция (рис. 4) дается формулой

$$V_{CaO1} = 298917,57CaO^{3,06963} \exp(-7,11837CaO^{0,28975}). \quad (5)$$

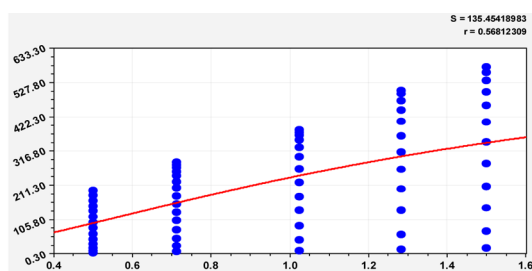
Затем от влияния возраста сосняков получилось уравнение вида

$$V_{CaO2} = -287,21787 \exp(0,0036666A^{1,18042}) + 4,86584A^{1,10124}. \quad (6)$$

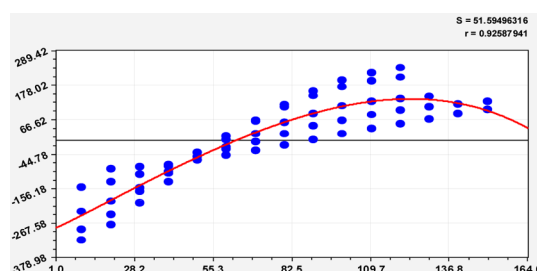
Как и с азотом, обособленное влияние возраста имеет наибольший коэффициент корреляции при сильнейшей тесноте факторной связи. Это указывает на то, что возраст популяции сосен в древостое является параметром, определяющим в конечном счете все эндогенные изменения во всех явлениях и процессах динамики компонент леса как экосистемы.

Совместное влияние кальция и возраста, как одного показателя, дает уравнение

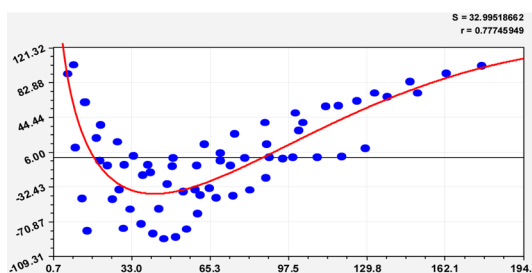
$$V_{CaO3} = 8285,5013 \exp(-0,0020990(CaO \cdot A)^{1,19374}) - 8005,2561(CaO \cdot A)^{0,012458} \exp(-0,0020288(CaO \cdot A)^{1,21206}). \quad (7)$$



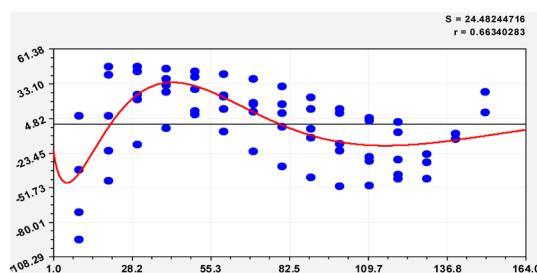
от содержания в почве кальция, кг/га



от возраста древостоя сосняка, лет



от произведения кальция на возраст



от возмущения древостоев в динамике роста

Рис. 4. Графики изменения запаса древесины в коре в сосняках от кальция и возраста, м³/га

Анализ остатков после формулы (7) показал, что возраст дополнительно влияет при кальции с колебательным возмущением (рис. 4) по формуле

$$V_{CaO4} = -50,31074 \exp(-0,0088896A) \cos(\pi A / (0,29350 + 3,73711A^{0,52643})) - 1,90182). \quad (8)$$

И, наконец, было получено влияние калия (рис. 5) на запас древесины по формуле

$$V_{CaO5} = -2,72356 \cdot 10^7 \exp(-0,0092952K_2O^{1,13263}) + \\ + 12169,1069K_2O^{1,47902} \exp(-0,010334K_2O^{1,13680}). \quad (9)$$

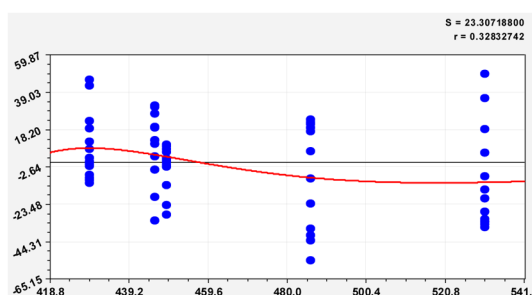


Рис. 5. График влияния оксида калия на запас

В отличие от азота для кальция как **индикатора продуктивности** сосняков общая модель получилась с пятью состав-

ляющими в виде суммы устойчивых биотехнических закономерностей.

Сравнение двух моделей. В среде Excel были просчитаны все 66 вариантов из данных табл. 1 по выявленным формулам (табл. 2) с погрешностью более 30%.

Отрицательные значения продуктивности по табл. 2 показывают долг от древостоя.

Абсолютная погрешность (остатки) ϵ вычислялась как разность между фактическими $\hat{V}$ и расчетными V_N и V_{CaO} значениями запаса стволовой древесины сосняков. Тогда относительная погрешность Δ моделей будет равна $\Delta = 100\epsilon / \hat{V}$. Для экологических и сельскохозяйственных измерений принимается допустимый пре-

дел $[\Delta_{\max}] = 30\%$. Из данных табл. 2 видно, что индикация азотом содержит 16 точек, превышающих 30%, а кальцием – всего 11.

Тогда выбираем основным индикатором типов леса А.К. Каяндера оксид кальция.

Окончательный вид трехфакторной модели изменения запаса стволовой древесины у сосняков Южной Финляндии по состоянию на 1916–1918 гг. следующий:

$$V_{CaO} = V_{CaO1} + V_{CaO2} + V_{CaO3} + V_{CaO4} + V_{CaO5}, \quad (10)$$

$$V_{CaO1} = 298917,57 CaO^{3,06963} \exp(-7,11837 CaO^{0,28975}),$$

$$V_{CaO2} = -287,21787 \exp(0,0036666 A^{1,18042}) + 4,86584 A^{1,10124},$$

$$V_{CaO3} = 8285,5013 \exp(-0,0020990 (CaO \cdot A)^{1,19374}) - \\ - 8005,2561 (CaO \cdot A)^{0,012458} \exp(-0,0020288 (CaO \cdot A)^{1,21206}),$$

$$V_{CaO4} = -50,31074 \exp(-0,0088896 A) \cos(\pi A / (0,29350 + 3,73711 A^{0,52643})) - 1,90182),$$

$$V_{CaO5} = -2,72356 \cdot 10^7 \exp(-0,0092952 K_2 O^{1,13263}) + \\ + 12169,1069 K_2 O^{1,47902} \exp(-0,010334 K_2 O^{1,13680}).$$

Таблица 2

Индикационные параметры лесной почвы по азоту и кальцию совместно с калием

№ п/п	Возраст А, лет	K_2O , кг/га	Запас $\hat{V}$, м ³	Азот N, кг/га (3)				Кальций CaO, кг/га (7)			
				NA	V_N , м ³ /га	ϵ	$\Delta, \%$	CaO·A	V_{CaO} , м ³ /га	ϵ	$\Delta, \%$
1	10	486	19	33,15	93,34	-74,34	-391,25	14,78	65,39	-46,39	-244,14
2	20	48	70	66,30	104,73	-34,73	-49,62	29,56	105,39	-35,39	-50,56
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
13	10	446	13	24,28	95,87	-82,87	-637,44	12,57	50,14	-37,14	-285,72
14	20	446	60	48,56	93,65	-33,65	-56,08	25,14	83,96	-23,96	-39,94
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
25	10	449	10	17,26	55,96	-45,96	-459,57	9,96	11,42	-1,42	-14,22
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
38	10	429	7	15,47	0,32	6,68	95,49	6,8	-30,39	37,39	534,15
39	20	429	24	30,94	-15,11	39,11	162,95	13,6	-10,09	34,09	142,03
40	30	429	47	46,41	5,26	41,74	88,80	20,4	32,77	14,23	30,27
41	40	429	75	61,88	39,18	35,82	47,75	27,2	72,11	2,89	3,86
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
53	20	531	3	17,20	-49,84	52,84	1761,19	9,28	-57,55	60,55	2018,18
54	30	531	10	25,80	-39,79	49,79	497,90	13,92	-19,78	29,78	297,85
55	40	531	17	34,40	-16,43	33,43	196,66	18,56	13,51	3,49	20,54
56	50	531	31	43,00	12,89	18,11	58,41	23,2	40,14	-9,14	-29,49
57	60	531	46	51,60	44,51	1,49	3,23	27,84	62,43	-16,43	-35,73
58	70	531	62	60,20	76,12	-14,12	-22,77	32,48	82,73	-20,73	-33,44
59	80	531	80	68,80	105,99	-25,99	-32,49	37,12	102,32	-22,32	-27,91
60	90	531	98	77,40	132,71	-34,71	-35,42	41,76	121,34	-23,34	-23,82
61	100	531	114	86,00	154,94	-40,94	-35,91	46,4	139,03	-25,03	-21,95
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
66	150	531	195	129,00	151,29	43,71	22,41	69,6	148,05	46,95	24,08

Из данных табл. 2 видно, что табл. 1 хода роста сосняков «подогнана» по высотам 10 и 20 лет, поэтому возник долг от древостоев как отрицательный запас древесины.

Это произошло из-за ручного выравнивания графиков хода роста на миллиметровой бумаге [1, с. 13, 35, 36]. На рисунках А.К. Каяндера четко видно волновое расположение точек фактических значений изучаемого показателя. Кроме того, при возрасте менее 30–40 лет нанесенные вручную графики расположены тесно друг к другу, а в некоторых случаях графики даны только пунктирными линиями. Поэтому данные табл. 1 по 10, 20 и даже 30 годам явно ненадежные. Они получатся автоматически при моделировании без группировки.

Как показали наши исследования динамики запаса на каждом типу леса, до 30-летнего возраста у сосняков наблюдается колебательное возмущение с сильной турбулентностью поведения древостоя и почвы под ним.

Поэтому для естественных молодняков нужны специальные измерения и модели.

Заключение

Поиск лучшего *биохимического индикатора типа леса* показал, что наилучшим из шести параметров лесной почвы Южной Финляндии по состоянию на 1916–1918 годы является оксид кальция, а затем общий азот лесной почвы.

Этот вывод частично совпадает с коэффициентами корреляции J. Ilvessalo [1, с. 11]: «для азота $0,736 \pm 0,056$; извести $0,612 \pm 0,069$; калия $0,214 \pm 0,091$; фосфорной кислоты – нет корреляции». Но нужно иметь в виду, что эти данные относятся только к линейным моделям. Наши нелинейные модели, имеющие по параметрам четкий физический смысл, дают коэффициент корреляции выше 0,9 по всем шести учтенным в [1] показателям лесной почвы.

Высокоадекватные трехфакторные модели показали возможность замены существующей умозрительной типизации лесов прямыми показателями качества почвы. Этому помогло естественное распределение сосняков Южной Финляндии (по состоянию на 1916–1918 гг.) по параметрам местопроизрастания и древостоя, в частности по отдельным питательным веществам лесной почвы и запасу стволовой древесины в коре.

Список литературы

1. Каяндер А.К. I. Сущность и значение типов леса. II. Различия в учениях о типах леса (Каяндера, Морозова и Сукачева). – М.: Гослестехиздат, 1933. – 50 с.
2. Мазуркин П.М. Возрастное распределение качества ствола деревьев на пробной площади разновозрастного сосняка // Успехи современ. естествознания. – 2009. – № 10. – С. 8–14.
3. Мазуркин П.М. Содержание суммы химических элементов в лесу // Охрана и защита, обустройство, индикация и тестирование природной среды. Сб. статей. – М.: Академия Естествознания, 2010. – С. 62–64.
4. Мазуркин П.М., Михайлова С.И. Испытание растительного покрова на содержание химических элементов // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 9. – С. 20–25.
5. Мазуркин П.М., Михайлова С.И. Распределение растительной массы в лесолуговом фитоценозе // Вестник УМО по образованию в области природообустройства и водопользования. – 2011. – № 3. – С. 330–340.
6. Мазуркин П.М., Михайлова С.И. Распределение фитомассы травы и деревьев в лесном фитоценозе // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 4. – С. 26–37.
7. Мазуркин П.М., Семенова С.П. Анализ физико-химических параметров почвы // Охрана и защита, обустройство, индикация и тестирование природной среды. Сб. статей. – М.: Академия Естествознания, 2010. – С. 167–173.
8. Мазуркин П.М., Тойшева Н.П. Факторный анализ химических веществ почвы // Охрана и защита, обустройство, индикация и тестирование природной среды. Сб. статей. – М.: Академия Естествознания, 2010. – С. 153–157.
9. Михайлова С.И., Мазуркин П.М. Ландшафтно-экологическая роль пойменного луга малых рек. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. – 154 с.
10. Михайлова С.И., Мазуркин П.М. Прибрежный почвенный слой под пробами травы // Охрана и защита, обустройство, индикация и тестирование природной среды. Сб. статей. – М.: Академия Естествознания, 2010. – С. 98–103.