

УДК 574.47+582.475.4

СТРУКТУРА ПУЛА ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ В СОЦИУМАХ БОЛОТНЫХ И СУХОДОЛЬНЫХ СОСНЯКОВ МЕЖДУРЕЧЬЯ ОБИ И ТОМИ

СООБЩЕНИЕ II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

С. П. Ефремов, Т. Т. Ефремова, А. В. Пименов, Т. С. Седельникова

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

E-mail: efr2@ksc.krasn.ru, efr2@ksc.krasn.ru, pimenov@ksc.krasn.ru, tss@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 19.07.2024 г.

На примере избыточно влажных и суходольных сосняков, представленных сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающих на северном пределе междуручья Оби и Томи, обосновано опытное применение новой оригинальной методики распознавания и оценки хронологической мозаики рядов ширины годовых колец в виде индивидуальных чередований и группово-слитных (векторных) совокупностей. Базовый объем обсуждаемого материала образуют 13 пробных площадей с выборкой 1493 деревьев в возрастном диапазоне 22–367 лет. Они содержат 244 702 годовых кольца, общая ширина которых в погонном линейном выражении составляет 151 788 мм. Их индикационный потенциал описан суммарными и неравно распределенными массивами годовых колец в больших и малых выборках деревьев – от 11 до 280 шт. Диагностика и интерпретация распределенного пула колец рассматриваются в контексте социума леса в связи с различными интервалами их изменчивости по знакам годовых приростов. Необходимое разграничение выполнено по разнице между шириной каждого предыдущего и последующего кольца. Показано, что методика скользяще-пошагового сопоставления колец-погодок не только надежно фиксирует, но и взаимно разделяет варианты совстречаемости лет с увеличением, снижением и дублированием трендов годовых приростов в рядах ширины колец. Введены понятия условно стартовых и рядовых колец, из которых вторые численно и по суммарной ширине намного превышают первые. Аргументируется целесообразность их вовлечения в расчеты общих и разделенных по экотопам пробных площадей линеек возрастных различий. В сравнительном ключе впервые оцениваются сепарированные признаки особо информативных массивов годовых колец болотных сосняков послепожарного генезиса. Показано, что в случаях стихийных и антропогенных элиминаций древостоев вид способен не только на прежних, но и на производных экотопах формировать возрастные генерации и типы коренных материнских сосняков.

Ключевые слова: болота, суходолы, сосна обыкновенная, экотопы, выборки деревьев, возрастная структура, массивы годовых колец, знаки прироста, критерии распределения.

DOI: 10.15372/SJFS20240502

ВВЕДЕНИЕ

Характеристика биоэкологических и фитоценологических особенностей района исследований приведена в первой части настоящей статьи «Сообщение I: Методологическое обоснование и лесорастительные условия». Во второй ее части конкретизируется информация по используемому в работе 13 пробным площадям, для которых в ходе направленного поиска найдены однородные составы таксированных древостоев 10 С (сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)).

По их возрастным грациям в соответствии со шкалами и описательными придержками Н. Ф. Петрова (1970), И. В. Семечкина (1970), С. Э. Вомперского с соавт. (1982), В. Н. Седыха (2009, 2014), В. С. Вернодубенко (2011) и других исследователей структура данных древостоев разделяется, исходя из набора соответствующих критериев, на условно, значительно, исключительно и ступенчато разновозрастные стадии развития. Число модельных деревьев, у которых из базальной части стволов были взяты керны, варьировало в достаточно широком диапазоне –

от 11 до 280. Это значит, что по пробным площадям из произвольно-случайной выборки каждого 14-го (15-го) дерева 2 (3) – здоровые. По известным внешним признакам отбраковывались лишь деревья сухостойные, суховершинные, свилеватые, со сломанами, гнилью, наростами и другими пороками развития. Большой объем натуральных подсчетов и измерений предопределил параллельный перевод в относительные показатели, более удобные для сравнительных сопоставлений.

Цель настоящих исследований – дальнейшее развитие учения о лесе как фитосоциальном сообществе, используя структуру и закономерности развития годичных колец болотных древостоев различных условий произрастания. В этой связи ставились следующие задачи:

- необходимость натурного изучения и оценки разнообразия пула годичных колец по типам условий их формирования;

- поиск, апробация и применение новых методов выделения, группирования и типизации годичных колец деревьев по признакам накопления численных и линейных эффектов увеличения, уменьшения и дублирования их ширины;

- аппроксимация числовых скоплений колец в системе различных протяженностей как ежегодно меняющихся, так и однонаправленных трендов прироста;

- оценка влияния возраста деревьев и факторов внешней среды на спектры естественного разнообразия пула годичных колец в зависимости от положения древостоев в элементах рельефа и типов их водно-минерального питания.

Методологию и результаты многолетних исследований можно применять не только к болотным и суходольным соснякам междуречья Оби и Томи, но и сопредельным территориям Сибири на правах целевого опыта.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Массовые измерения ширины годичных колец выполнены в камеральных условиях на древесных ядрах, закрепленных и отшлифованных на желобковых держателях (носителях). Ядра отбирали осенью комплектом буравов (15) длиной от 10 до 80 см с южной стороны базального основания стволов в 35–40 см от поверхности почвы. Это означает, что их фиксированный возраст по извлеченным ядрам не является истинным, а лишь приближен к нему. В зависимости от габитусов деревьев и плотности торфяных субстратов «поправка» возраста на общую высоту массивных комлей, слагаемых надземными

и погруженными в торф до 30–45 см частями стволов, увеличивает его как минимум на пару классов. Во избежание неточностей и ошибочных искажений за реальный возраст учтенных и таксированных деревьев нами принята хронологическая последовательность размещения числа годичных колец на древесных ядрах указанной высоты отбора.

Для объема всей радиальной выборки заданная точность измерений их ширины на стереоскопическом бинокулярном микроскопе, начиная с первого (стартового) кольца, неизменно составляла 0.01 мм. Она считается вполне достаточной для применения в морфометрии колец лесообразующих и вообще древесных видов растений, в том числе из экотопов избыточно влажных условий произрастания (Комин, 1970; Полубояринов, 1971, 1974; Битвинскас, 1974; Глебов, Литвиненко, 1976; Черкашин, Кузьмичев, 1977; Глебов и др., 1978; Ваганов, Качаев, 1992; Ваганов, Шашкин, 2000; Андреева и др., 2002; Кирдянов, 2017; Кнорре, 2023; и др.).

Кольцо старта отождествляется нами с понятием базы вектора, которая задается адресом его первого элемента. Современное понимание и использование значения термина вектор (лат. *vector*) имеет несколько логически взаимосвязанных толкований (Дворецкий, 1976, с. 1059; Большая энциклопедия, 2006, с. 356): 1) отрезок прямой, имеющий собственное положение и направление; 2) величина, изображаемая вектором, для оценки которой, кроме ее численного значения, необходимо знать и направление ее действия; 3) упорядоченное объединение конечного числа однотипных элементов данных. Применение перечисленных признаков к пулу годичных колец болотных и суходольных сосняков и иных формаций лесообразующих видов расширяет возможности графического анализа и статистической оценки экологически обусловленного структурного разнообразия пула годичных колец древостоев климаксовой и промежуточных стадий развития.

Методика камерального выявления векторной и неравномерно разной структуры пула годичных колец сосняков включала выполнение ряда взаимосвязанных этапов. На первом из них на тщательно шлифованной поверхности ядра каждого из 1493 деревьев выборки в хронологической последовательности его радиального роста измерялась и записывалась в рабочем журнале ширина стартовых и рядовых годичных колец. Затем эти данные в аналогичной последовательности переносились в специальные таблицы. На

втором этапе в пределах линейной протяженности керна от его начального кольца до конечного ширина каждого последующего соотносилась с шириной предыдущего. Следовательно, ширина первого годовичного кольца, будучи стартовой в хронологической линейке обычных, рядовых колец дерева, определяла начальный «момент» не только их численного учета, но и накопления знаков прироста в изменчивом ходе ширины колец-погодок по всей длине каждого керна. В этом состояло временное ранжирование полей измерений. На третьем этапе цифровую разницу между шириной каждого предыдущего и последующего кольца помимо числового значения оценивали в рамках триады терминов – больше (увеличение), меньше (снижение), повторы (дублирование) ширины. При этом учитывались последовательные эпизоды повторений, т. е. год за годом дублирования линейной ширины были в одинаковой степени свойственны группе колец как увеличения, так и снижения приростов с явно асинхронной периодичностью между ними и в каждой из них.

В настоящей работе для апробации метода подобные случаи рассмотрены без разделения, суммарно в качестве самостоятельного признака пула колец, несмотря на кажущийся «адресный» ориентир. Такой прием позволил избежать мелких, но затяжных математических расчетов. Однако указанный выше нюанс группы колец-погодок, дублирующих свою ширину с кажущимся «адресным» ориентиром, перспективен для отдельного анализа в будущих исследованиях болотных и иных древостоев.

Четвертый этап включал сведение учетных признаков разного и относительно системного, упорядоченного распределения пула годовичных колец по вариантам знаков прироста в суммарные ряды «захваченных» лет (штук) и в ряды линейных сумм ширины колец, накопленные за эти годы (мм). На пятом этапе на основании полученных данных вычислялся диапазон неодинаковостей ширины годовичных колец в вариантах увеличения, снижения и дублирования прироста. Для сравнения такая же процедура выполнена по сценарию без расклада на обозначенные выше знаки прироста. На шестом, заключительном, этапе в пространстве количественных и качественных различий пула годовичных колец как адресных элементов его структуры, применен метод их разбиения по признаку слитности в группы (или векторы) однонаправленных трендов роста и не менее значимому признаку неравномерного, хаотичного рассева

ширины, означающего крайне изменчивые, условно нестабильные тренды роста.

Большой объем экспериментального материала нуждался в достаточно понятной классификации и обоснованном разбиении в разной степени схожих между собой объектов в группы, более пригодные для дальнейшего разбора и интерпретации. Для этого применялись методы многомерного статистического анализа – кластерный и дискриминантный (Лакин, 1990; Боровиков, 1998; Чекотовский, 2002; Халафян, 2007). С использованием показателей ширины годовичных колец по знакам прироста (повышение, снижение или дублирование последующего относительно предыдущего) были выделены группы (кластеры) болотных сосняков. Для содержательной характеристики этих групп применили процедуры кластерного анализа: агломеративные (древовидная кластеризация) и итеративные (метод *k*-средних). Они используют некоторую меру сходства или расстояние между объектами для их разделения по кластерам: чем меньше расстояние между объектами, тем больше сходства между членами соответствующей группы (кластера).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Возрастная структура болотных сосняков в связи с типами условий произрастания. Пространственная привязка пробных площадей к экотопам и общий расклад возрастной структуры деревьев в линейках классов возраста связаны следующим образом. Наиболее тесным возрастным распределением выделяются древостои на белопесчаных и супесчаных почвах внутриволотных взлобков-останцев Большого торфяного массива, раскинувшегося по берегам и в глубь долины р. Жуковка (пп 12). Сосняки на этой территории, видимо, многократно горели и, возможно, вырубались. Следствием этого являются укороченные профили хорошо отмытых белопесчаных и супесчаных почв, которые слабо расчленены на генетические горизонты; нахождение в сосняках крупного замшелого валежника, старых усыхающих и перестойных семенных экземпляров 380–400-летнего и большего возраста, а также то, что основную площадь на взлобках-останцах занимают густые молодняки, прямоствольные средневозрастные и приспевающие деревья 3–7-х классов возраста. Общая сумма годовичных колец в выборке деревьев здесь составляет 13 080 шт. (табл. 1, 2).

Таблица 1. Численность пула годичных колец по знакам радиального прироста в сосняках различных условий произрастания

Номер пп	Индекс экотопа	Выборка деревьев, шт.	Возраст, лет	Сумма годичных колец, шт.				Доля числа колец по знакам прироста, %		
				кольца рядовые	по знакам прироста			увеличение	снижение	дублирование
					увеличение	снижение	дублирование			
1	О	280	66–360	62 782	27 910	28 210	6662	44.5	44.9	10.6
2	О	279	100–318	62 689	24647	24 262	13 780	39.3	38.7	22.0
3	О _п	75	85–367	12 590	5053	5294	2243	40.1	42.0	17.9
4	О-М	42	56–314	6177	2513	2510	1154	40.7	40.6	18.7
5	О _п	187	86–309	26 077	10 785	11 456	3836	41.4	43.9	14.7
6	О _п	96	68–206	9768	4397	4540	831	45.0	46.5	8.5
7	О-М	53	112–275	9897	4248	4185	1464	42.9	42.3	14.8
8	О-М	17	163–305	4057	1595	1599	863	39.3	39.4	21.3
9	О	198	22–160	18 279	6457	6812	5010	35.3	37.3	27.4
10	Э	15	109–300	2284	1006	1054	224	44.1	46.1	9.8
11	Э	120	53–257	13 387	6406	6417	564	47.9	47.9	4.2
12	С	120	60–130	13 080	5835	6823	422	44.6	52.2	3.2
13	Э	11	126–314	2142	895	849	398	41.8	39.6	18.6

Примечание. Годы взятия древесных кернов по пп: 1, 2, 4–9 – 1990; 10 – 1991; 12 – 1992; 11 – 1993; 13 – 1998; 3 – 2004. Экотопы: О – олиготрофный; О_п – олиготрофный, пройденный пожаром; О-М – олиго-мезотрофный; Э – эутрофный; С – суходольный.

Таблица 2. Сумма линейной ширины годичных колец по знакам радиального прироста в сосняках различных условий произрастания

Номер пп	Индекс экотопа	Сумма линейной ширины колец, мм					Доля по знакам прироста, %		
		кольца старта	кольца рядовые	по знакам прироста			увеличение	снижение	дублирование
				увеличение	снижение	дублирование			
1	О	316	28 699	15 214	11 812	1673	53.0	41.2	5.8
2	О	183	28 801	14 030	10 596	4175	48.7	36.8	14.5
3	О _п	61	7655	3683	3058	914	48.1	40.0	11.9
4	О-М	47	3479	1730	1336	413	49.7	38.4	11.9
5	О _п	426	21 021	10 228	8681	2112	48.7	41.3	10.0
6	О _п	226	11 040	5804	4621	615	52.6	41.8	5.6
7	О-М	54	6569	3274	2538	757	49.9	38.6	11.5
8	О-М	25	2302	1065	836	401	46.3	36.3	17.4
9	О	100	5934	2686	2044	1204	45.3	34.4	20.3
10	Э	47	2481	1252	1063	166	50.5	42.8	6.7
11	Э	219	13 749	7457	6012	280	54.2	43.7	2.1
12	С	456	16 616	8212	8119	285	49.4	48.9	1.7
13	Э	8	1274	636	457	181	49.9	35.9	14.2

Примечание. Условные обозначения см. табл. 1.

Вторыми по признаку компактности возрастной линейки следуют куртины и сближенные группы сомкнутых деревьев средней, низкой и «карликовой» высоты 2–8-го классов. Они заполняют экологическую нишу на глубоких осоково-сфагново-пушицевых и осоково-сфагново-кустарничковых торфах урочища Озерный в районе западных истоков р. Еловка (пп 9).

Здесь господствующее положение принадлежит световым формам болотных экотипов сосны обыкновенной 3–7-го классов возраста (86.3 %), фенотипическое своеобразие которых определяется жестким олиготрофным (атмосферно-застойным) типом водно-минерального питания. Общая сумма годичных колец в выборке деревьев составляет 18 477.

Третьим характерным экотопом является межгривная проточная седловина олиготрофного болота Ручейного, поросшая сосняком 4–11-го классов возраста (пп. 6). В нем на деревья 4–6-го классов приходится до 93.8 % долевого участия, остальные распределены между 8–11-м классами при отсутствии 7-го. Сумма годовичных колец выборки составила 9864 шт. Болотный массив и входящая в него межгривная седловина по структуре микрорельефа и видовому составу растительного покрова соответствуют олиготрофному типу водно-минерального питания. Мощность осоково-сфагново-кустарничковой торфяной залежи варьирует в пределах 3.2–4.4 м. Здесь также обнаружены явные признаки бывшего огневого влияния на состояние почвенного покрова, материнского древостоя и подроста. По разной высоте нагара и остаткам впоследствии отпавших сегментов коры базальной части стволов, а также по очень тонким (1–2 см) прослойкам неравномерно прогоревшего торфа удалось диагностировать схожие следы двух беглых низовых пожаров, произошедших ориентировочно за последние 40–45 и 15–20 лет, скорее всего в теплые сухие осени. Аналогичную возрастную линейку образуют деревья в сосняке на пп 10. Сосняк неравномерной каймой 110–240 м занимает избыточно влажную границу торфяной залежи глубиной 1.5–3.7 м между склонами песчаного суходола и чашей эутрофного Клюквенного болота площадью около 5 тыс. га. В сосняке более 87 % выборки деревьев относится к 6–8-му классам возраста, тогда как меньшая часть – только к 13-му и 15-му классам. Свободные промежутки между ними, скорее всего, указывают на ступенчатый характер возрастной структуры всего древостоя в этой серии типов леса. Здесь в выборке деревьев суммарно заключено 2299 годовичных колец.

Обращают на себя внимание линейки классов возраста древостоев малой полноты (0.23–0.28) на пробных площадях 7 и 8, которые не прерываются пустотами разрывов. Первая из них располагается в сфагново-бруснично-мошном сосняке на влажном, местами относительно сухом южном склоне выпуклого олиго-мезотрофного торфяного болота Визирного в районе малых озерковых истоков р. Жуковка. Здесь в выборку до 81 % попали очень красивые тонкокорые стволы желтовато-бежевых и бежево-коричневатых оттенков в диапазоне 8–12-го классов возраста. Их предваряют 6–7-й (7.6 %), а заключают 13–14-й классы (11.4 %). Выборка деревьев суммарно включает 9950 колец. Почти

в таком же состоянии находится выборка в древостое на сфагново-кустарничково-брусничном болоте Рудовый Тесан олиго-мезотрофного типа водно-минерального питания (пп 8). Его редколесья протянулись почти на 20 км от одного из участков заторфованного окружения пяти пресных озер. Керны выборки деревьев пп 8 заключают 4074 годовичных кольца. Они собраны в непрерывную линейку с размахом от 9-го до 16-го класса с центром преобладания 12–14-го классов (64.7 %).

Древостоям других пробных площадей в сравнительном плане присущи более растянутые возрастные линейки и менее очевидные обособления на них доминантных классов возраста. Признаками таких свойств обладают олиго-мезотрофные сосняки Бугристого яма (пп 4), залегающего в широкой заторфованной седловине замкнутого межгривного пространства в верховьях междуречья Еловки и Ташлаира. Элементами болотного макрорельефа служат обособленные сфагново-лишайниково-кустарничковые торфяные бугры в количестве 2–4 экз./га высотой не более 1.4–1.5 м и площадью от 8–10 до 20–25 м². Они имеют конфигурацию асимметричных полигонов и типичных уплощенных куполов со склонами различной крутизны. В торфяных буграх сохраняются участки мерзлоты, в результате чего образуются сезонные термоклины в придонных основаниях. Как правило, на них обособлены деревья-эдафоиндикаторы по 1–2 экз. в окружении густого яруса разновысотного подроста материнской породы. Возрастной предел таких деревьев в выборке составил диапазон от 3-го до 6-го класса. Пространства между буграми заняты чистыми осоково-сфагновыми луговинами, чередующимися с сосняками зеленомошно-сфагново-брусничной, сфагново-бруснично-кустарничковой, сфагново-бруснично-черничной и сфагново-бруснично-лишайниковой серией типов леса. Их возрастная линейка, суммарно содержащая 6219 годовичных колец, простирается от 5-го до 16-го класса при выпадении 12-го и 14-го классов. Более 10 % деревьев составили в выборке доминантные классы возраста (5–8-й) почти 62 %, за которыми следуют старшие классы (9–16-й) в сумме 30.9 %. Промежуточным вариантом является участок олиготрофного Прогонного массива (пп 5), тыловая сторона которого широкой каймой осоково-сфагново-кустарничковых и чернично-сфагново-кустарничковых сосняков примыкает к склону суходольных зеленомошно-лишайниковых древостоев. Фронтальная

сторона Прогонного массива обращена на осово-сфагново-пушицевые луга, опоясывающие береговые сплавины нескольких крупных мочажин и четырех сообщающихся внутриболотных озер. В тыловом секторе болота выборка древесных кернов в сосняке показала непрерывный возрастной ряд от 5-го до 16-го класса, суммарно включивший 26 264 годичных кольца. Примечательным оказалось то, что в этой возрастной линейке около 90 % деревьев относятся к диапазону 6–8-го классов. Явно не случайный факт обратил на себя внимание. Как и предполагалось, при бурении залежи под верхним слоем плотного, хорошо слежавшегося торфа мощностью 62 см сфагново-лишайниково-кустарничкового ботанического состава обнаружен 14-сантиметровый горизонт бесструктурной, липкоклящей темно-серой массы с густым содержанием черной присыпки мельчайших углей. По этим и ряду других признаков можно было заключить, что данный участок Прогонного болота не менее 180–190 лет тому назад был охвачен пожаром, перекинувшимся с суходола. Помимо выгорания живых деревьев, подроста и самосева сосны, он сопровождался образованием очагов беспламенного тления древесины валежника, старого сухостоя, прогоранием и термическим разложением (пирометаморфозом) органической структуры горячего торфа до границы капиллярной каймы или, возможно, до уровня почвенной верховодки. Участок сгоревшего, а затем восстановившегося леса ко времени исследования визуально почти ничем не отличался от соседних, не затронутых пожаром выделов болотных сосняков как по габитусам разновозрастных деревьев, так и по избыточному увлажнению почвы, монотонной структуре микро- и мезорельефа, ярусам подроста и растительного покрова в масштабных границах торфяного массива. Локальный эпизод огневого воздействия на лес приостановил, но не мог навсегда заблокировать восстановление материнского древостоя и торфообразовательного процесса практически до их возврата в исходное состояние. Сделано заключение, что, судя по возрастной структуре обновленного древостоя, группам подроста и самосева, по мощности, ботаническому составу и степени разложения торфа, лежащего поверх погребенного пирогенного пласта, на это ушло не менее двух столетий.

На междуречье Жуковки и Еловки своеобразием возрастного распределения выделяются выборки деревьев в сосняках на пробных площадях выпуклого Киргизно-Губаревско-

го торфяно-болотного массива. В продольном (восток–запад) и поперечном (север–юг) направлениях его прошивают нивелированные топо-экологические профили. Протяженность продольной линии 3184 м, поперечной – 1738 м, а их перекрестие располагается на выпуклом высотном максимуме торфяно-болотного мезорельефа. С учетом этих данных рассчитаны реперные точки пространственного каркаса массива с генетическим центром торфонакопления, слившимися малыми выпуклыми, склоновыми и примыкающими к подножию дочерними участками. Максимальная глубина торфяной залежи этого массива 6.7 м. Современный этап его развития в различных частях связан с олиготрофным, олиго-мезотрофным и мезотрофным типами водно-минерального питания. Продольное направление топо-экологического профиля перпендикулярно пересекает три квартальных просеки времен лесохозяйственного обустройства этой территории в конце XIX и начале XX столетий. Максимальные превышения поверхности выпуклых участков над нулевыми границами торфяных залежей в пределах прогона продольного профиля достигают в восточном направлении 5.7 м, в западном – 3.4 м. У поперечного профиля превышения северного и южного прогонов составляют 2.4 и 3.8 м соответственно. Водной разгрузке северной части поперечника торфяно-болотного массива препятствуют песчаные гривы суходолов.

На западной ветви продольного топоэкологического профиля размещаются болотные сосняки значительной и исключительной разновозрастности, наиболее типичной для олиготрофных и олиго-мезотрофных условий произрастания. Начинаясь на плоской вершине выпуклой части торфяно-болотного массива (пп 3), они тянутся по сфагново-лишайниково-кустарничковому склону с бугорково-мшистым микро и мезорельефом (пп 2). Затем спускаются к поясу избыточно влажного подножия (пп 1), на дальних участках которого ежегодно по весне оттаивают открытые окна стоячей воды, однако ее поверхностный сток закрыт тупиками запрудных суходолов. К началу осени площади открытых окон уменьшаются за счет просачивания влаги в нижележащие пласты торфяной залежи и эвапотранспирации. Этот процесс обычно сигнализирует, что уровни атмосферной верховодки снижаются в 1.5–2 раза на всех олиготрофных, олиго-мезотрофных и мезотрофных экотопах продольного и поперечного профилей Киргизно-Губаревского торфяно-болотного массива.

По участкам его высотных разностей пробные площади западной ветви названы соответственно Вершиной, Склоном, Подножием.

Выборка деревьев на Вершине олиготрофного массива (пп 3) образовала возрастную линейку с 5-го до 19-го класса при выпадении 9-го, 17 и 18-го. За планкой выше 10 % участия более или менее очевидное преобладание имеют 5-й (13.3 %), 6-й (20.0 %), 7-й (12.0 %) и 8-й (24.1 %) классы возраста, образуя в сумме 69.4 %. Сумма оставшихся классов составляет 30.6 %, из них на 13–15-й классы приходится 21.3 % при «лидировании» 13-го (9.3 %). Данный тип разброса и отсутствие в нем особой трех возрастных групп определяют выборку древостоя Вершины понятием не менее как значительной разновозрастности с признаками ступенчатости. Общая сумма годовичных колец в кернах деревьев здесь составляет 12 665 шт. Основная причина преобладания в выборке (почти до 70 %) стволов только четырех возрастных классов (5–8) состоит, как и на участке Прогонного болота (пп 5), в пожаре. Вероятно, он возник на выпуклой, обычно наиболее сухой части торфяного массива, предположительно около 160–170 лет тому назад. Новый слой накопленного и уже плотно слежавшегося сфагново-осоково-кустарничкового торфа составляет 46–48 см. Поверх него располагается густой очес живых мхов и лишайников с пятнами лесной подстилки. Под их пластинами залегает вязкий горизонт влажной тестообразной пепельно-серой массы толщиной 11–12 см. Он включает большое разнообразие форм, рассеянных и собранных в сгустки черных угольков высокой степени дисперсности. В современном профиле торфяной залежи пирогенный горизонт толщиной 11–12 см четко выделяется не только оттенками и структурой сгоревшего растительного материала, повлекшего некоторое улучшение трофического потенциала почвенного покрова. Этот горизонт следует считать маркером хроноиндикации периода естественного восстановления параллельных процессов торфообразования и лесообразования после прогорания/озоления, по меньшей мере, 40–45 см верхнего, совершенно зрелого пласта олиготрофной торфяной залежи. Судя по возрастному набору кернов, от серьезного, но не затяжного напочвенного пожара, деревья толстокорые, кряжистые, крупно-суковатые, с осевшими в торфяную залежь стволами пострадали в меньшей степени, чем молодые поколения. Именно старшая группа деревьев после пожара обеспечивала воспроизводство новых семенных генераций соснового

древостоя на вершине Киргизно-Губаревского торфяно-болотного массива (пп 3).

В древостоях и торфяных слоях Склона и Подножия следы пирогенного воздействия, подобные Вершине и Прогонному болоту, отсутствуют. Возможно, эти обстоятельства как раз и обусловили практически схожее распределение деревьев по классам возраста в выборках на пробных площадях западной ветви продольного профиля. В обоих случаях пик параболы возрастного разброса приходится на 10-й класс возраста, условно почти в равных пропорциях – 17.9 % (Склон), 17.5 % (Подножие). Участие деревьев в выборке по двум следующим классам возраста (11–12) дает небольшое преобладание Подножию (23.9 %) по сравнению со Склоном (22.2 %). Однако суммарная доля деревьев с участием в линейках классов возраста более 10 % в экотопе Склона на 6 % выше, чем в экотопе Подножия, составляя 75.2 и 69.2 % соответственно. Конечно, придавать большое значение этой разнице, видимо, не следует, как ею и пренебрегать. По существу, в равных выборках кернов (табл. 1) деревья на Склоне заключают 62 968 годовичных колец, на Подножие – 63 062 шт. По этому признаку разница незначительная.

Известно, что древесные виды растительных подсистем олиготрофных, олиго-мезотрофных комплексов максимально чувствительны к малейшим перепадам суммарных годовичных и сезонных режимов увлажнения торфяных почв (Згуровская, 1963; Вомперский, 1968; Орлов, Кошельков, 1971; Ефремов, Ефремова, 1973; Храмов, Валуцкий, 1977; Ефремов, 1980; Корнатов, Косых, 2022). Выпуклый профиль анализируемого Киргизно-Губаревского массива определяет как поверхностно-гравитационное стекание атмосферных осадков, так и сквозное промывание торфяной залежи от вершины к его подножию. Запрудное влияние суходолов препятствует их дальнейшему стоку, поэтому здесь в полной мере развивается атмосферно-застойное избыточное увлажнение, но с некоторой долей условной эутрофизации верхнего слоя залежи за счет ее естественного промывания, в котором концентрируется вся масса типично поверхностных корневых систем болотных экотипов сосны.

В хронологическом отношении осоково-гиновое болото Большое эутрофного типа водно-минерального питания исследовано на 34–36 км вдоль и 3–6 км в глубь торфяных берегов р. Жуковка, начиная с каймы прирусловой кедрово-еловой согры с примесью в древостое других

хвойных и березы пушистой. Таксационные параметры древостоев и ширина лесной каймы сильно варьируют по мере удаления от уреза воды и приближения к малолесным озерно-мочажинным истокам реки. В целом извилистый, «корытообразный» поперечник торфяного болота Большого от каймы кедрово-еловой согры до границы суходольного обрамления колеблется в пределах 3–6 км. На прилегающих к белопесчаным и супесчаным суходолам участках болота еще встречаются реликты полностью не денудированных взлобков-останцев со схожими с «материком» минералогическими составами и строением профилей почвенных субстратов. Они равномерно поросли сосняками зеленомошно-бруснично-кустарниковой, зеленомошно-бруснично-черничной и зеленомошно-бруснично-лишайниковой серии типов леса (пп 12).

Протяженные границы гривисто-ложбинных суходолов и вогнутого ложа торфяного болота с рекой находятся под влиянием холодных напорных водоносных горизонтов. Они выклиниваются из-под уступов «материка» и коренной террасы реки, теперь скрытой в пластах торфяной залежи, местами мощностью более 11 м, которая подстилается глеевыми песками с тонкими прослойками суглинков. Закономерно, что ландшафтную границу здесь образуют группы смешанных растительных сообществ, предпочитающих проточно-грунтовое увлажнение и торфяные почвы высокой зольности. Они слились в своеобразный «лесоболотный пояс» шириной до 250–280 м, структура которого включает фрагменты избыточно влажных травяно-мшистых березняков, ивняков, еловых кедровников, сосняков и хвойно-березовых древостоев различной густоты, вплоть до редколесий. Именно на окрайках этого болотного сектора обособился травяно-мшисто-кустарниковый сосняк площадью около 290–300 га на осоково-вахтово-гипновой торфяной залежи глубиной 210–225 см (пп 11). Его тыловая сторона упирается в гривы и ложбины суходолов, фронтальная обращена на район примыкания к оз. Камышовое, после которого сосняк «лесного пояса» отдельным участком выходит на Большой торфяно-болотный массив. Площадь озера занимает немногим более 150 га. Его берега не имеют четко выраженных признаков сезонных колебаний уреза воды, глубина которой находится за пределами 14 м. При этом для озера характерна пониженная летняя температура воды (7–9 °С). Таким образом, комплекс признаков позволил заключить, что оз. Камышовое теснейшим образом связано с восходящими подпорами

глубинных водоносных горизонтов суходолов и собственного минерального ложа торфяно-болотного массива.

Вместе с тем, если судить по типичному состоянию данного болотного соснового древостоя, вполне очевидно, что этот фактор не оказывает решающего влияния на выхолаживание микроклимата прилегающих лесопокрытых пространств. Он лишь устойчиво поддерживает гидрологическую подсистему в балансе взаимоотношений леса и болота, который проявился в современном развитии лесообразовательного процесса на фоне активного торфонакопления. Закономерно, что выборка древесных кернов, по существу от каждого третьего произвольно таксируемых деревьев, показала (пп 12), что в сосняках «лесного пояса» эуτροφного типа водно-минерального питания они образуют левую асимметрию непрерывного распределения классов возраста в линейке с 3-го до 13-го включительно. Но в ней преобладают деревья приспевающих 4–6-го классов возраста (69.1 %), после которых ни один из последующих не достигает 10%-й планки участия. При этом относительная доля деревьев 7–8-го классов (17.5 %), несмотря на формальную принадлежность к переходному отрезку правого нисходящего плеча кривой, в определенной степени дополняет и усиливает позиции левоасимметричного распределения выборки в линейке классов возраста типичного болотного сосняка эуτροφного ряда водно-минерального питания. В древесных кернах этого участка «упаковано» 13 507 годичных колец.

На упомянутом выше Клюквенном торфяном массиве на 2-километровом удалении от суходольного борта и прилегающего к нему пояса фитоценологически разнотипных сосняков (пп 10) обнаружен своеобразный по экологической контрастности выдел однородного древостоя из серии осоково-хвошево-гипновых и осоково-вахтово-гипновых сосновых редколесий (пп 13). Островной выдел локализован на естественном железорудном участке болота. Высота деревьев 6–8 м. Бессучковая часть сильно сбежистых стволов здесь более чем на 2/3 высоты покрывает толстая, сверху сухая, сегментированная на мелкие чешуйки потрескавшаяся корка темно-серого цвета. Кроны деревьев представляют формы широких, вплоть до уплощенных куполов. Длина хвои 3–5 см возрастом до 2–4 лет. Участок леса до 15–16 га сформировался на глубокой торфяной залежи (8.6 м), которая непрерывно увлажняется напорными водами проточно-грунтового типа заболачивания суши.

Таблица 3. Средние показатели возраста деревьев и ширины годовичных колец в различных условиях произрастания сосняков

Номер пп	Индекс экотопа	Средний возраст деревьев, лет	Ширина годовичных колец, мм				
			среднее пула колец		по знакам прироста		
			старта	рядовых	увеличение	снижение	дублирование
1	О	224	1.13	0.46	0.54	0.42	0.25
2	О	225	0.66	0.46	0.57	0.44	0.30
3	О _n	168	0.81	0.61	0.73	0.58	0.41
4	О-М	157	1.12	0.56	0.69	0.53	0.36
5	О _n	139	2.28	0.81	0.95	0.76	0.55
6	О _n	102	2.35	1.13	1.32	1.02	0.74
7	О-М	187	1.02	0.66	0.77	0.61	0.52
8	О-М	239	1.47	0.57	0.67	0.52	0.46
9	О	92	0.51	0.32	0.42	0.30	0.24
10	Э	152	3.13	1.09	1.24	1.01	0.74
11	Э	112	1.83	1.03	1.16	0.94	0.50
12	С	109	3.80	1.27	1.41	1.19	0.68
13	Э	196	0.73	0.60	0.71	0.54	0.45

Площадь этого лесного выдела приближена, но полностью не заходит на центр заторфованной вогнутой чаши бывшего озера ледникового периода. Отмечено, что выклинивающиеся глубинные воды обогащены закисными формами железа, вызывающими гипоксию, вымочку и дигрессию корневых систем деревьев. В зоне аэрации поверхностного слоя торфяной залежи (0–40 см) закисные формы железа переходят в труднорастворимые окисные формы, которые выпадают в осадок, образуя 35–40-сантиметровый слой густого рыжевато-бурого лимонита («железняк») – минерала болотной руды. Для корней сосны она практически инертна в плане трофического потенциала «ожелезненного» пласта эуτροφной торфяной залежи. Здесь в выборку захвачены деревья 7–16-го классов возраста со ступенчатым отсутствием 10, 12, 14 и 15-го классов. Вероятно, в прошлом оно было обусловлено ингибирующим влиянием не только «железняк», но и ряда других факторов ослабления корневого питания и, как следствие, снижения семенной продуктивности материнского древостоя. Это отразилось на возрастной структуре «островного» сосняка, поскольку отмечены вполне очевидные временные провалы волн самосева, поколений подроста, молодых и приспевающих особей основного полога. Данные табл. 3 указывают на существенную разницу средней ширины колец в сравниваемых грациях пула на экотопах пп 10 и 13, хотя обе они находятся в пределах границ единого природного массива. Сумма колец выборки 11 деревьев из основного яруса «островного» выдела

болотного сосняка составила 2153 шт. Следует отметить экологически точечную приуроченность выдела «островного» сосняка к выходу глубинных ожелезненных вод, которая в болотном ряду объектов оказалась единственной, поэтому материалы пп 13 в графическую, статистическую обработку и интерпретацию, за исключением описательных разделов статьи, не включались. Но если сравнивать их с данными табл. 3, рис. 1–3, то они вполне сопоставимы с параметрами кластера 2.

Для полной доказуемости необходимо обнаружить и исследовать хотя бы еще один аналогичный «феномен» однородного болотного сосняка на выходе глубинных вод, обогащенных гидроксидами железа.

Таким образом, возрастная специфика выборки анализированных древостоев, которая, как выше показано, в значительной степени обусловлена качеством занимаемых экотопов, неизбежно должна отражаться на структурных особенностях пула годовичных колец, поскольку эти показатели скоррелированы между собой по определению (табл. 1, 2).

Ширина и структура годовичных колец по знакам радиального прироста. Количество стартовых колец, задающих начальный «момент» дифференциации и учета рядовых колец по знакам прироста, несмотря на свою различную естественную ширину в возрастном поле кернов, не обладают свойствами «персональных» знаков годовичных приростов. В противном случае функционально они не являлись бы первыми, т.е. стартовыми, поскольку по уче-

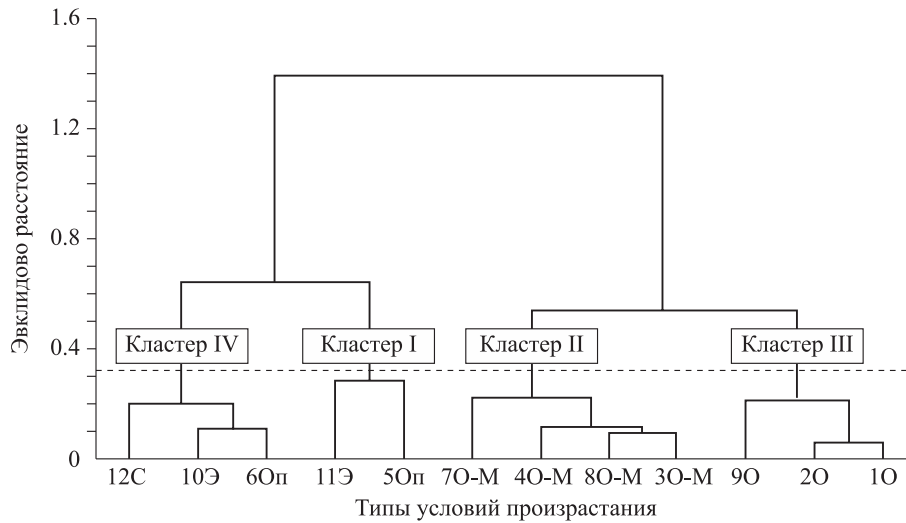


Рис. 1. Древовидная кластеризация типов местообитаний болотных сосняков по знакам радиального прироста.

Индексы типов местообитаний см. табл. 1.

ту их не предваряют группы других колец или хотя бы одно кольцо. Логично, что в реальности оно всегда соответствует числу деревьев в конкретных выборках: 280, 279, 75, 42, 187 и т. д. В сумме по выборкам они образуют отдельные количественные и качественные совокупности, которые подлежат учету в соответствующих градациях пула. Простыми расчетами нетрудно убедиться, что относительная изменчивость их численной доли в полном пуле колец по 13 пробным площадям имеет очень малый разбег – 0.4–1.1 % (табл. 1). Изменчивость относительных долей качественно иной измеряемой величины

этих же колец, а именно в форме линейных сумм их ширины по пробным площадям, составляет несколько расширенный диапазон – 0.6–2.7 % (табл. 2).

Варианты средней ширины стартовых колец в выборках не выходят за крайние пределы 0.51–3.80 мм (табл. 3). При этом наибольшие показатели характерны для деревьев суходольных и эутрофных условий произрастания, наименьшие – для колец наихудших олиготрофных, а промежуточные свойственны ширине колец на олиго-мезотрофных экотопах и их трансформированных участках пирогенного воздействия. В отношении последнего заметим, что на безлесных, малолесных болотах и в заболоченных лесах пожары с открытым горением и беспла-

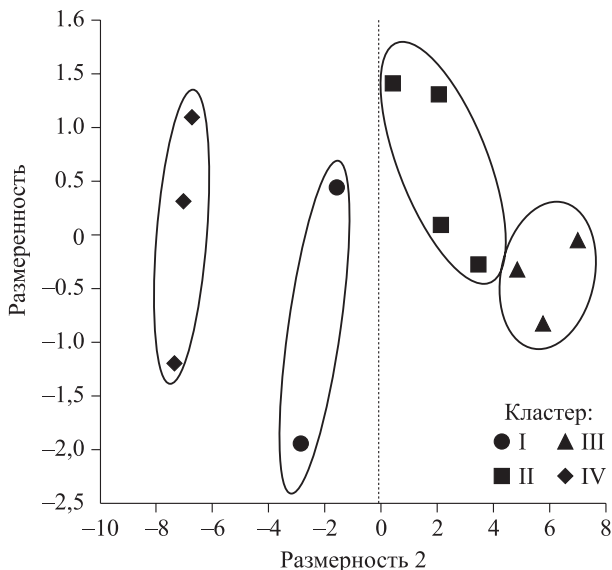


Рис. 2. Группировка типов местообитаний сосняков в многомерном пространстве признаков – линейной ширины годичных колец по знакам прироста.

Индексы типов местообитаний см. табл. 1.

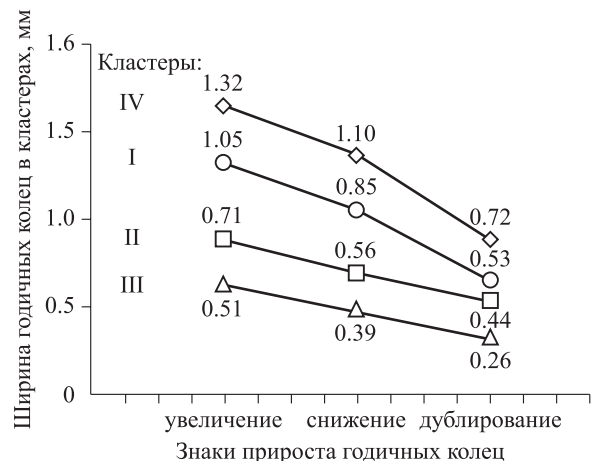


Рис. 3. Ширина годичных колец по знакам радиального прироста в кластерах болотных сосняков.

менным тлением растительного материала, являющегося органической основой торфяных залежей, приводят к золообразованию и минерализации верхних пластов. С мелиоративной точки зрения это способствует повышению трофического потенциала выгоревших территорий, стимулирует процессы их более продуктивного восстановления (Ефремов, Ефремова, 1994; Бамбалов, Ракович, 2007; Сиринов и др., 2011; Зайдельман, 2011, 2013; Zaidel'man, 2011). В нашем случае как раз и рассматриваются адекватные реакции деревьев сосны в форме неоднозначных изменений ширины колец при постепенном облесении и олуговении подобных открытых, а по существу – производных почвенных пространств на горелых торфяных болотах.

Отдельного внимания заслуживают особенности распределения тотально господствующего пула рядовых колец, которые у каждого дерева хронологически следуют за исходным стартовым кольцом. Таблицы 1, 2 показывают, что неравные по пробным площадям выборки деревьев, разное количество в них годовичных колец вследствие специфики возрастной структуры, несхожие ряды суммарной линейной ширины колец по знакам годовичных приростов, контрастность естественных и экзогенно нарушенных условий произрастания насаждений закономерно привели к несоразмерно большим и малым, трудно сравниваемым массивам именованных цифровых данных. Это хорошо заметно по заполненным рядам столбцов и строк каждого сектора знаков прироста. Выход на более простые и удобные для анализа поля найден в универсальном способе преобразования их в стандарт обезличенных относительных показателей. В итоге получены не только схожие в рамках унификации, но и резко уменьшенные цифровые величины, которые в сжатом виде лучше раскрывают общие и частные особенности количественных и качественных признаков структурной организации пула годовичных колец во всей цепочке экосистемного разнообразия исследованных сосняков.

Данные табл. 1, 2 показывают, что в столбцах через относительные доли числа колец сравниваются между собой меры влияния экотопов на древостой пробных площадей. В строках же процесс сравнения по грациям секторов имеет отношение только к относительной доле колец выборки деревьев на экотопе каждой из пробных площадей. Относительные параметры распределенного по знакам прироста числа колец в горизонтальных строках табл. 1 целесообразнее

рассмотреть не на примере каждой площади, а в группах схожих экотопов по лесорастительному потенциалу почв и древостоев с адекватной возрастной структурой. В группе олиготрофных объектов лимиты количества (встречаемость) секторов увеличения прироста составляет 35.3–44.5 %, снижения – 37.3–44.9 %, дублирования – 10.6–27.4 %, их амплитуды образуют ряд 9.2–7.6–16.8 %. В группе олиготрофных объектов, испытавших влияние пожара, встречаемость сектора увеличения прироста ограничена пределами 40.1–45.0 %, снижения – 42.0–46.5 %, дублирования – 8.5–17.9 %, общий размах сложен рядом 4.9–4.5–9.4 %. В группе олиго-мезотрофных объектов количество сектора увеличения прироста составляет 39.3–42.9 %, снижения – 39.4–42.3 %, дублирования – 14.8–21.3 %, их размах представлен рядом 3.6–2.9–6.5 %. В группе древостоев на эутрофных болотах и суходоле с богатым трофическим потенциалом встречаемость сектора увеличения прироста определяется лимитом 41.8–47.9 %, снижения – 39.6–52.2 %, дублирования – 3.2–18.6 %, диапазоны которых образуют ряд амплитуд 6.1–12.6–15.4 %. Финальное (итоговое) объединение относительных долей колец, учтенных без формального разделения по экотопам, в горизонтальных строках табл. 1 составляет лимит 3.2–52.2 % с размахом 49.0 %.

Такая же схема сопоставлений использована для анализа и оценки изменчивости относительной доли линейных сумм ширины годовичных колец, представленной в табл. 2. В древостоях олиготрофной группы доля линейной суммы сектора увеличения прироста колеблется в диапазоне 45.3–53.0 %, снижения – 34.4–41.2 %, дублирования – 5.8–20.3 %, ряд соответствующего размаха составляет 7.7–6.8–14.5 %. В древостоях олиготрофной группы с пожарным воздействием доля линейной суммы сектора увеличения – 48.1–52.6 %, снижения – 40.0–41.8 %, дублирования – 5.6–11.9 %, последовательный ряд амплитуды – 4.5–1.8–6.3 %. В группе олиго-мезотрофного местообитания относительное распределение линейной суммы ширины колец по сектору увеличения определяется лимитами 46.3–49.9 %, снижения – 36.3–38.6 %, дублирования – 11.5–17.4 %, а ряд амплитуды составляет 3.6–2.3–5.9 %. В сборной группе эутрофных болот и суходола по определению с наиболее богатым трофическим фоном относительные величины линейных сумм ширины колец в секторах знаков прироста характеризуются диапазоном: увеличения – 49.4–54.2 %, снижения –

35.9–48.9 %, дублирования – 1.7–14.2 %, а ряд соответствующего размаха – 4.8–13.0–12.5 %.

Отмеченные признаки показывают, что относительная унификация больших массивов учтенных и распределенных по знакам прироста годовых колец (блок количества) и совокупностей сумм линейной ширины этих колец (блок качества) определила возможность с других позиций и в иных масштабах детализировать варианты тренды развития исследуемых древостоев формации сосняков. Укажем на общий предел колебаний относительных параметров пула колец в древостоях всех пробных площадей: по количеству колец диапазон 3.2–52.2 %, амплитуда 49.0 %; по суммарной линейной ширине колец диапазон 1.7–54.1 %, амплитуда 52.4 %.

Группировка типов местообитаний болотных сосняков по знакам радиального прироста методами многомерной статистики. В качестве исходных данных служили усредненные для каждой выборки деревьев линейные параметры ширины рядовых колец, дифференцированные по знакам приростов. Унификация как способ приведения показателей к единой норме была достигнута делением линейных сумм ширины колец (табл. 2) на собственные количественные совокупности (табл. 1). Понятно, что все они соответствуют общему и распределенному числу календарных лет, в каждом из которых под влиянием природных факторов внешней среды по ширине колец четко фиксировался годичный прирост, а стало быть, и его знак. На базе полученных цифровых массивов (табл. 3) и описательных характеристик типизированных условий произрастания сосняков способом древовидной кластеризации построили дендрограмму, используя Евклидово расстояние как наиболее общий тип расстояния в многомерном пространстве признаков и метод полной связи, хорошо работающий в случаях, когда объекты реально происходят из различных групп. Организовались четыре кластера, четко соответствующие трофическим потенциалам исследованных местообитаний болотных и суходольных сосняков (рис. 1).

Кластер I объединил проточно-грунтовое, богатое минеральным питанием эвтрофное болото (пп 11) и участок олиготрофного массива, испытавший термическое воздействие пожара по типу тления и минерализации торфяной залежи за счет золообразования при ее беспламенном горении (пп 5). Кластер II сгруппировал преимущественно олиго-мезотрофные болота с достаточно низким лесорастительно-трофическим

Таблица 4. Результаты дисперсионного анализа группировки экотопов болотных сосняков по данным линейной ширины годовых колец

Предикторы	Дисперсия		F-критерий	p-уровень значимости
	меж-групповая	внутри-групповая		
Увеличение	1.18	0.057	55.0	0.00001
Снижение	0.90	0.049	49.0	0.00002
Дублирование	0.33	0.021	40.6	0.00003

потенциалом (пп 7, 4, 8, 3). В кластере III обособились наиболее бедные по условиям произрастания сосны олиготрофные ямы (пп 9, 2, 1). Кластер IV связал экотопы наилучших режимов водно-минерального питания древостоев – суходола (пп 12), лесной каймы примыкания эвтрофного болота к суходолу (пп 10) и проточной межгрядной седловины олиготрофного типа (пп 6) с поверхностными дренирующими ручьями и торфяной залежью, обогащенной зольными элементами в результате двух давних беглых пожаров. В качестве одного из способов проверки объективной надежности выполненной группировки сосняков дополнительно использовали метод k-средних кластерного анализа. Принципиальное отличие метода заключается в том, что в нем предварительно задается число кластеров, в нашем случае четыре, согласно данным древовидной кластеризации. Итоги обоих методов объединения идентичны. Результаты дисперсионного анализа показывают, что все переменные, включенные в анализ (случаи увеличения, снижения и дублирования ширины годовых колец), достоверно с высоким уровнем значимости участвуют в разделении (табл. 4).

Евклидово расстояние, характеризующее меру сходства/различия между кластерами, объективно свидетельствует, что наиболее сходны между собой кластеры II и III, группирующие обедненные экотопы (180 условных единиц), а существенно различаются III и IV (678 условных единиц), т. е. крайне бедные и богатые (табл. 5).

Таблица 5. Евклидово расстояние между кластерами болотных сосняков по данным линейной ширины годовых колец

Группировка	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
Кластер 1		0.268	0.440	0.240
Кластер 2	0.268		0.180	0.502
Кластер 3	0.440	0.180		0.678
Кластер 4	0.240	0.502	0.678	

Чтобы адекватно воспроизвести меру сходства или различия местообитания болотных сосняков, с помощью процедуры многомерного шкалирования разместили в пространстве знаков радиального прироста наблюдаемое расстояние между типами на плоскости. На представленной диаграмме четкое разграничение: левую область, не соприкасаясь между собой, занимают богатые экотопы, правую – достаточно сближенные обедненные местообитания (рис. 2).

Эти особенности наглядно представлены в многомерном пространстве признаков на плоскости: левую область графика, не соприкасаясь между собой, занимают богатые экотопы, правую – достаточно сближенные обедненные местообитания (рис. 2). В сгруппированных кластерах сосновых насаждений средняя ширина годовичных колец по знакам радиального прироста представлена на рис. 3. Максимальными показателями увеличения, снижения и дублирования отличаются суходольные сосняки (кластер IV) – 1.32, 1.10 и 0.72 мм соответственно. Достаточно высоким радиальным приростом характеризуются болотные сосняки эвтрофных условий произрастания (кластер I) – сектора повышения радиального прироста – 1.02, понижения – 0.85, дублирования – 0.53 мм. В сосняках мезотрофного ряда развития (кластер II) соответствующие показатели снижены в 1.5 раза, олиготрофного (кластер III) – более чем в 2 раза. Количественные оценки ширины годовичных колец четко отражают контрастность лесорастительного потенциала болотных сосняков различных местообитаний и приводятся впервые.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, впервые для северной части междуречья Оби и Томи как одной из коренных равнинных геосистем южно-таежной подзоны Западной Сибири на примере сосняков гидроморфного и суходольного рядов развития получено развернутое представление о комплексном влиянии трофических факторов в системе экотопов внешней среды на схожести и различия структурной организации пула годовичных колец. По древесным ядрам методом скользяще-пошагового сопоставления колец-погодок, т.е. ширины каждого последующего кольца с шириной каждого предыдущего, оказался объективно приемлемым для надежного разграничения больших и относительно малых массивов колец по знакам их годовичных приростов. Установлено, что структура пула обычно складывается прерывистыми совокупностями колец: а) ежегодно разной

ширины; б) векторов ежегодного увеличения, либо в) уменьшения ширины; г) ежегодного дублирования той или иной ширины. Эти типично дискретные совокупности в хронологической шеренге пула колец имеют разные временные протяженности и повторяемости. Но эти признаки в настоящей работе не входили в задачу подробной интерпретации. В силу приоритетности научной и практической значимости диагностирован индикационный потенциал годовичных колец как структурных элементов пула. На базе выборки деревьев по типам условий обитания, при разных возрастных и линейных размахах лет роста и ширины колец дифференцированы признаки их ответных реакций на динамичные сигналы факторов внешней среды. Стало быть, парадигма «фитосоциальной» природы леса в сочетании с новыми экспериментальными данными ее изучения вполне оправдывает разграничение рядовых колец-погодок на обособленные секторы увеличения, снижения, дублирования приростов при соответствующих раскладах величин именованных признаков – чисел самих колец и сумм их линейной ширины. При этом на финальном этапе расчетов фиксируется естественное, вполне ожидаемое образование больших числовых неравенств. Они определяются объемами конкретных выборок, суммами колец и линейных измерений их ширины по всем входящим в ту или иную выборку деревьям на каждой из опытных пробных площадей.

Приведение натуральных величин к единому стандарту относительных показало, что их долевые значения в контурах количественных и качественных признаков пула колец описывают достаточно контрастные вариации чисел. В контексте «фитосоциальной» природы леса, которому, как и любому другому социуму, присуще свойство конкурентного исключения, это с большей или меньшей вероятностью можно объяснить рядом причин:

– наличием четко фиксируемой, т.е. эволюционно приобретенной способности индивидуальной, но далеко не однозначной для всех деревьев в конкретном насаждении реактивной экспрессии по отношению к сигналам влияния факторов внешней среды. Естественные проявления кумулятивных откликов, как показано, четко фиксируются числом и мерой при анализе структурной организации пула годовичных колец сосняков;

– пределами возрастного разнообразия древостоев;

– контрастным влиянием эдафотопов на их репродуктивную и ростовую активность;

– возможной физиологической «усталостью» камбиальных меристем стволов, корней и хвои к эффективному формированию колец, особенно преждевременно стареющих древостоев на типах болот с низким трофическим потенциалом, и т. п.

Неоднозначные воздействия условий произрастания на структурные параметры пула годовичных колец сосняков подтвердились результатами кластерного анализа и статистической обработки материалов многолетних исследований. Оригинальные методические разработки, реализованные в ходе детального разбора пула годовичных колец болотных древостоев в сравнении с суходольным вариантом, могут быть применимы также к древостоям с иными составами пород, их возрастными рядами, стадиями развития и условиями водно-минерального питания.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КНЦ СО РАН (FWES-2024-0028 «Биоразнообразие лесов Сибири: эколого-динамический, генетико-селекционный, физико-химический и ресурсно-технологический аспекты»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреева Е. Н., Баккал И. Ю., Горшков В. В., Лянгузова И. В., Мазная Е. А., Нешиатаев В. Ю., Нешиатаева В. Ю., Ставрова Н. И., Ярмишко В. Т., Ярмишко М. А. Методы изучения лесных сообществ. СПб: Изд-во СПбГУ, 2002. 240 с.
- Бамбалов Н. Н., Ракович В. А. Геоэкологическое обоснование восстановления природных и хозяйственных функций нарушенных болот // Геоэкол. Инж. геол. Гидрол. Геокриол. 2007. № 1. С. 28–38.
- Битвинкас Т. Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 172 с.
- Большая энциклопедия: В 62 т. М.: Изд-во ТЕРРА, 2006. Т. 8. 592 с.
- Боровиков В. П. Популярное введение в программу STATISTICA. М.: Компьютер Пресс, 1998. 267 с.
- Ваганов Е. А., Качаев А. В. Дендроклиматический анализ роста сосны в лесоболотных фитоценозах Томской области // Лесоведение. 1992. № 6. С. 3–10.
- Ваганов Е. А., Шашкин В. А. Рост и структура годовичных колец хвойных. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2000. 232 с.
- Вернодубенко В. С. Динамика хвойных древостоев на торфяных почвах Европейского Севера: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Архангельск: САФУ, 2011. 20 с.
- Вомперский С. Э. Биологические основы эффективности лесосошения. М.: Наука, 1968. 312 с.
- Вомперский С. Э., Лебков В. Ф., Иванов А. И. Таксационное строение болотных сосняков // Биогеоэкологическое изучение болотных лесов в связи с опытной гидроме-лиорацией: Сб. науч. тр. М.: Наука, 1982. С. 57–94.
- Дворецкий И. Х. Латинско-русский словарь. М.: Рус. язык, 1976. 1096 с.
- Ефремов С. П. Экологическая обусловленность морфогенеза сосны обыкновенной на болотах // Проблемы лесной биогеоэкологии: Сб. науч. тр. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. С. 140–155.
- Ефремов С. П., Ефремова Т. Т. Влияние осушения на за-груженность торфяной почвы корнями древесных и травянистых растений // Комплексная оценка болот и заболоченных лесов в связи с их мелиорацией. Сб. науч. тр. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1973. С. 113–127.
- Ефремов С. П., Ефремова Т. Т. Торфяные пожары как экологический фактор развития лесоболотных экосистем // Экология. 1994. № 5. С. 27–34.
- Глебов Ф. З., Литвиненко В. И. Динамика ширины годовичных колец в связи с метеорологическими показателями в различных типах болотных лесов // Лесоведение. 1976. № 4. С. 56–61.
- Глебов Ф. З., Погодина А. И., Даишкова И. С. Влияние гидроклиматических условий на рост болотных древостоев // Особенности лесоболотных экосистем Западной Сибири: Сб. науч. тр. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1978. С. 59–91.
- Зайдельман Ф. Р. Проблема защиты осушенных торфяных почв от пожаров и ее решение // Почвоведение. 2011. № 8. С. 1000–1009.
- Зайдельман Ф. Р. Минеральные и торфяные почвы полесских ландшафтов: Генезис, гидрология, агроэкология, мелиорация, защита от пожаров торфяников и лесов, рекультивация. М.: КРАСАНД, 2013. 440 с.
- Згуровская Л. Н. Строение и рост корневых систем древесных растений на различных типах болот // Заболоченные леса и болота Сибири: Сб. науч. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 127–146.
- Кирдянов А. В. Радиальный прирост хвойных в лесотундре и северной тайге Средней Сибири. Роль факторов внешней среды: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.08. Красноярск: СФУ, 2017. 38 с.
- Кнорре А. А. Интеграционные подходы и методы дендрохронологии в изучении динамических процессов наземных экосистем разного типа: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 1.5.15. Красноярск: СФУ, 2023. 45 с.
- Комин Г. Е. Оценка прироста древостоев по модельным деревьям для дендроклиматического анализа // Тр. Ин-та экол. раст. и животных Урал. фил. АН СССР. 1970. Вып. 77. С. 64–82.
- Коронатова Н. Г., Косых Н. П. Продуктивность древесного яруса на верховых болотах в таежной зоне Западной Сибири // Лесоведение. 2022. № 4. С. 432–448.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. Учеб. пособ. для биол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
- Орлов А. Я., Кошельков С. П. Почвенная экология сосны. М.: Наука, 1971. 324 с.
- Петров Н. Ф. Дифференцировочные таблицы для выделения возрастных групп в разновозрастных древостоях // Лесоводственные исследования в лесах Сибири: Сб. науч. тр. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1970. Вып. 2. С. 82–90.
- Полубояринов О. И. Оценка качества древесного сырья. Л.: ЛЛТА им. С. М. Кирова, 1971. 70 с.

- Полубояринов О. И. Влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины. Л.: ЛЛТА им. С. М. Кирова, 1974. 96 с.
- Седых В. Н. Лесообразовательный процесс. Новосибирск: Наука, 2009. 164 с.
- Седых В. Н. Динамика равнинных кедровых лесов Сибири. Новосибирск: Наука, 2014. 232 с.
- Семечкин И. В. Динамика возрастной структуры древостоев и методы ее изучения // Вопросы лесоведения: Сб. науч. тр. Красноярск: Краснояр. кн. изд-во, 1970. Т. 1. С. 422–446.
- Сирин А. А., Минаева Т. Ю., Возбранная А. Е., Барташев С. А. Как избежать торфяных пожаров // Наука в России. 2011. № 2. С. 13–21.
- Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учеб. 3-е изд. М.: Бином-Пресс, 2007. 515 с.
- Храмов А. А., Валуцкий В. И. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья (структура и биологическая продуктивность). Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1977. 222 с.
- Чекотовский Э. В. Графический анализ статистических данных в Microsoft Excel 2000. М.: Изд. дом «Вильямс», 2002. 464 с.
- Черкашин В. П., Кузьмичев В. В. Статистический анализ рядов ширины годовичных колец деревьев. Препринт. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачевы СО АН СССР, 1977. 50 с.
- Zaidel'man F. R. The problem of fire control on drained peatlands and its solution // Euras. Soil Sci. 2011. V. 44. N. 8. P. 919–926 (Original Rus. text © F. R. Zaidel'man, 2011, publ. in Pochvovedenie. 2011. N. 8. P. 1000–1009).

STRUCTURE OF THE ANNUAL RING POOL IN COMMUNITIES OF SWAMP AND DRY PINE FORESTS BETWEEN OB' AND TOM' RIVERS

COMMUNICATION II. EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL ASPECTS

S. P. Efremov, T. T. Efremova, A. V. Pimenov, T. S. Sedel'nikova

V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch,
Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

E-mail: efr2@ksc.krasn.ru, efr2@ksc.krasn.ru, pimenov@ksc.krasn.ru, tss@ksc.krasn.ru

Using the example of excessively wet and dry pine forests represented by Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growing on the northern boundary of the Ob' and Tom' interfluvium, the experimental application of a new original technique for recognizing and assessing the chronological mosaic of rows of the width of annual rings in the form of individual alternations and group-fused (vector) sets is substantiated. The basic volume of the discussed material is formed by 13 sample plots with a sample of 1493 trees in the age range of 22–367 years. They contain 244702 annual rings, the total width of which in linear terms is 151788 mm. Their indicative potential is described by total and unevenly distributed arrays of annual rings in large and small samples of trees from 11 to 280 pcs. The diagnostics and interpretation of the distributed pool of rings are considered in the context of the forest society in connection with different intervals of their variability in the signs of annual increments. The necessary distinction is made by the difference between the width of each subsequent ring and the width of the previous one. It is shown that the method of sliding-step comparison of rings-years not only reliably records, but also mutually separates the variants of the coincidence of years with an increase, decrease and duplication of trends in annual increments in the rows of the width of the rings. The concepts of conditionally starting and ordinary rings are introduced, of which the latter are numerically and in total width much larger than the former. The expediency of their involvement in the calculations of general and ecotope-divided trial areas of the lines of age differences is argued. In a comparative key, the separated signs of especially informative arrays of annual rings of swamp pine forests of post-fire genesis are assessed for the first time. It has been shown that in cases of spontaneous and anthropogenic elimination of forest stands, the species is capable of forming age generations and types of native maternal pine forests not only on former but also on derivative ecotopes.

Keywords: bogs, dry lands, Scots pine, ecotopes, tree samples, age structure, tree ring arrays, growth signs, distribution criteria.

How to cite: Efremov S. P., Efremova T. T., Pimenov A. V., Sedel'nikova T. S. Structure of the annual ring pool in communities of swamp and dry pine forests between Ob' and Tom' rivers: Communication II. Experimental and analytical aspects // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2024. N. 5. P. 13–27 (in Russian with English abstract and references).