

СОСНА В ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ МИНСКА И МОГИЛЕВА

The long-term course of variability of a radial gain overgrown of trees of a pine ordinary in forest parks of Minsk and Mogilyov is investigated. It is revealed, that in conditions man-caused pollution of air environment the pine keeps low sensitivity to the climatic factors. Synchronous dynamics rotting of efficiency is determined by changes in inflow of solar radiation.

Актуальной задачей современного градостроительства является сохранение «дикой» и «полудикой» природы в городской среде, максимально подчеркивающей региональные физико-географические условия территорий. Потеря естественных сосновых насаждений в Минске и в Могилеве будет невозможной утратой своеобразия белорусского городского ландшафта. Именно они определяют национальный колорит природы, перенесенный в городскую среду.

Наши исследования насаждений сосны в городской среде преследуют цель проследить поведение этой древесной породы как в условиях современного интенсивного техногенного загрязнения атмосферного воздуха, так и в предшествующий этому загрязнению период. Для реализации этой цели был привлечен многолетний ход изменчивости радиального прироста великовозрастных деревьев в парках и лесопарках Минска и Могилева, а также на сопредельных территориях. Дендрохронологические и дендроклиматические исследования выполнялись с привлечением концепции преадаптированности [4].

Многолетний ход изменчивости радиального прироста сосны является индикатором происходящих трансформаций в функционировании этого растительного организма в новом для него экотопе. При этом не утрачивают своего значения и климатические условия, динамика которых может вносить значительные коррективы в нарастание стволовой массы. Рост и развитие современных поколений сосны в Минске и Могилеве происходили в течение двух климатических эпох (за период инструментальных наблюдений), разделенных резким краткосрочным похолоданием 1940-1942 гг. [1].

Первая эпоха характеризуется как влажная (среднегодовое количество осадков в Минске 727 мм, в Могилеве 728 мм) и температурно относительно устойчивая (средняя температура воздуха соответственно 5,6 и 5,4 °С при дисперсии 1,6 °С), вторая - менее увлажненная (659 и 622 мм осадков) и несколько теплее первой (на 0,2 °С), но температурно неустойчивая (отклонения составили до 2,0 °С). Во второй эпохе выделяется две фазы: похолодания (среднегодовая температура в Минске и Могилеве 5,5 °С) и потепления после 1976 г. (6,2 и 5,6 °С соответственно).

Незначительное похолодание было вызвано понижением на 0,5 °С температуры времени активного роста. Средняя температура безлиственного периода (-1,1 °С) не изменилась. Следует отметить, что похолодания в 1945-1976 гг. сопровождалось заметным сокращением увлажненности. Среднегодовое количество осадков уменьшилось на 85 мм, а безлиственный период оказался наименее увлажненным (286 мм, или на 62 мм меньше, чем в первую эпоху, и на 38 мм по сравнению с фазой потепления).

После 1976 г. потепление составило 0,9 °С в безлиственный период. Повышение температуры времени вегетации было незначительным (на 0,1 °С). Осадков стало выпадать больше (за год на 40 мм) по сравнению с фазой похолодания, причем их увеличение произошло за счет безлиственного периода (на 38 мм).

Важнейшим антропогенным фактором в городах и промышленных центрах является техногенное загрязнение воздушного бассейна. Современные поколения сосны в парках и лесопарках Минска и Могилева развивались в условиях возрастания значения этого фактора до максимального в начале 1970-х гг. (с увеличением промышленного производства, развития теплоэнергетики и роста числа транспорта), а затем его сокращения (в соответствии с изменением структуры топлива, совершенствованием технологии и частичного спада производства) до конца 1990-х гг.

За период с 1976 по 2000 г. загрязнение воздуха в Минске заметно уменьшилось: по выбросам пыли - в 15-20 раз и диоксиду серы - в 25 раз; по диоксиду азота - менее чем в 2 раза. Уровень содержания оксида углерода находился в пределах 877-1200 мг/м³. В Могилеве наблюдалась несколько иная ситуация. Если содержание взвешенных частиц в воздухе за названный период уменьшилось в 6-10 раз и диоксида серы в 30-40 раз, то диоксида азота, наоборот, возросло в 2 раза. Концентрация угарного газа сократилась до уровня его содержания в атмосферном воздухе Минска. Перечень загрязняющих веществ в обоих городах может быть дополнен тяжелыми и цветными металлами, формальдегидом, аммиаком, фенолом, бенз(а)пиреном и др., включая специфические - сероводород и сероуглерод (особенно в Могилеве).

Исследованные насаждения сосны обыкновенной в Минске и Могилеве занимают территории с разным уровнем загрязнения атмосферного воздуха. По степени загрязненности лидирующее положение принадлежит парку им. 50-летия Октября в Минске, расположенному в районе с крайне неблагоприятной экологической обстановкой (по данным Департамента гидрометеорологии Министерства природы и охраны окружающей среды Республики Беларусь). Парк им. Челюскинцев находится в наиболее благоприятных экологических условиях. Лесопарк «Печерский» в Могилеве характеризуется слабым уровнем загрязнения воздуха [3].

Для сравнения хода изменчивости радиального прироста сосны в Минске с данным показателем на незагрязненных территориях были привлечены крупномерные 105-140-летние деревья в лесном массиве, расположенном вблизи пос. Городище (в 12 километрах на восток от Минска), и занимающие плакор 60-летние деревья в Логойском лесхозе. Отбор образцов древесины (кернов) возрастным буром на высоте 1,3 м проводился в 1998-2003 гг. Основные сведения о тестируемых деревьях приведены в табл. 1. Сосна продемонстрировала крайне низкую чувствительность к климатическим факторам: коэффициент чувствительности по А.Е. Дугласу [3] не превысил 0,3.

Таблица 1

Основные сведения о тестируемых возрастных группах сосны в Минске и Могилеве

Возраст, лет	Количество деревьев, шт.	Высота, М	Диаметр, см	K ₄
Могилев, лесопарк «Печерский»				
145	18	27-29	70-80	0,16
90	20	23-25	50-60	0,20
Минск, парк им. 50-летия Октября				
175	7	23-25	70-80	0,19
85	22	21-23	50-60	0,24
Минск, парк им. Челюскинцев				
150	7	23-28	45-55	0,30
Логойский				
60	19	20-22	35-45	0,18
Городище				
140	9	25-28	70-90	0,20
105	5	24-26	55-70	0,20

Примечание. K₄ - коэффициент чувствительности.

оказались насаждения сосны: погодно-климатических, эдафических и антропогенных (разный уровень загрязнения).

Несмотря на это, многолетнему ходу изменчивости радиального прироста свойственны общие закономерности, заключающиеся в одновременном наступлении периодов угнетения и увеличения. Прежде всего это угнетение насаждений до 1920-х гг. после предшествующего относительного периода благоденствия до 1880-х гг. (в «докракатауский» период [2]) и максимальная стволовая продуктивность в 1920-1950-е гг. (кроме древостоя в парке им. Челюскинцев), после которой наступило общее прогрессирующее снижение радиального прироста независимо от возраста насаждений и экологических условий. Именно до 1880-х гг. радиальный прирост соснового древостоя в лесопарке «Печерский», парке им. Челюскинцев и в Городищах был наибольшим (см. рис. 1).

Многолетний ход изменчивости радиального прироста сосны обыкновенной на территории тест-участков (рис. 1) характеризуется нечетко выраженной синхронностью: коэффициенты корреляции оказались статистически недостоверными, за исключением данных по лесопарковым насаждениям городов во вторую климатическую эпоху. Причина этого явления, по всей видимости, заключена в разных экологических условиях, в которых

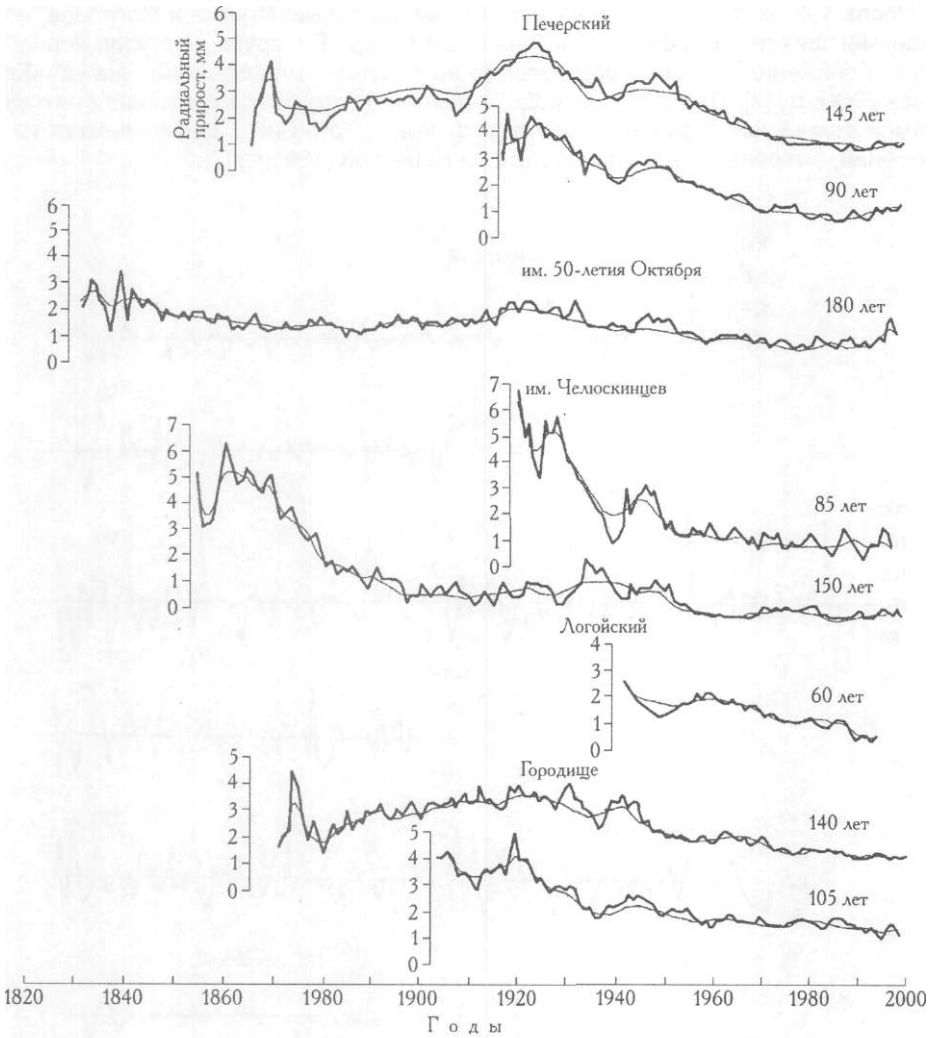
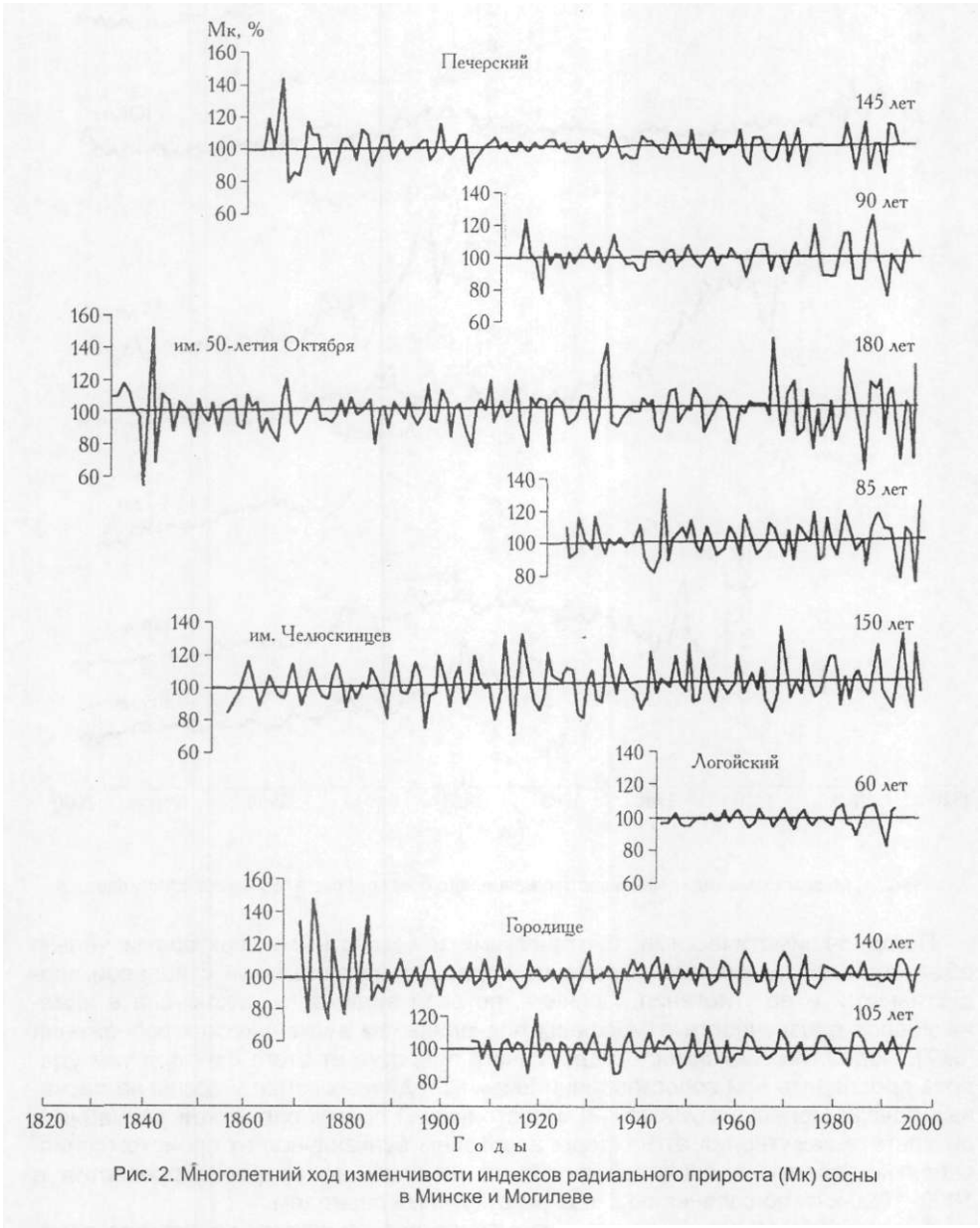


Рис. 1. Многолетний ход изменчивости радиального прироста сосны в Минске и Могилеве

Погодно-климатическими, биотическими и возрастными факторами нельзя объяснить одновременное появление периодов максимальной стволовой продуктивности и ее угнетения. Причина, по всей видимости, заключена в изменяющейся прозрачности атмосферы под влиянием вулканических извержений [6, 7]. Подобную зависимость радиального прироста от этого фактора уже удалось проследить при сопоставлении ширины годичных колец у сосны на песчаных почвах Полесья в XIX ст. [2]. Неустойчивый приток солнечной радиации в результате замутнения атмосферы аэрозолями вулканического происхождения, вероятно, послужил причиной снижения радиального прироста древостоя в 1890-1920-х гг. по сравнению с «докракатауским» периодом.

Атмосфера к 1930-м гг. существенно очистилась, и яркость солнечного диска до 1950-х гг. была максимальной за последнее столетие [6, 7]. Устойчивое повышенное значение прямой солнечной радиации оказало положительное влияние (через фотосинтез) на стволовую продуктивность хвойных насаждений. При этом нельзя исключить суммацию с другим гелиофизическим фактором - увеличением яркости солнечного диска в квазивековом цикле В.Ф. Логинова [5]. Угнетение радиального прироста в начале 1940-х гг. вызвано воздействием экстремальных погодных условий при переходе от влажной климатической эпохи к неустойчиво влажной.

После 1950-х гг. для сосновых насаждений не только Минска и Могилева, но и занимающих автоморфные почвы на юге и севере Беларуси, наступил период общего снижения текущего радиального прироста до минимальных значений к рубежу XXI ст. [2]. Для этого периода характерно устойчивое снижение притока прямой солнечной радиации в результате очередного цикла вулканических извержений, включая Эль-Чичоне (1982 г.) и Пинатубо (1991 г.) [7].



Продукционный процесс сосновых насаждений в условиях техногенного загрязнения воздушной среды отражает изменения в природной обстановке, вызванные глобальными последствиями вулканических извержений. Именно приток солнечной радиации является приоритетно действующим стимулом [8], определяющим общий многолетний ход изменчивости радиального прироста, на который накладываются возмущения (депрессия и экспрессия), вызываемые другими, но менее значимыми экологическими факторами, включая климатические. Последние влияют на продукционный процесс на фоне планетарного из-

менения поступления солнечной энергии. Они проявляются прежде всего в изменчивости индексов радиального прироста сосны обыкновенной (рис. 2). Дисперсия этого показателя стволовой продуктивности увеличилась во вторую климатическую эпоху по сравнению с первой за исключением 105-летней группы сосен в Городищах (табл. 2). Увеличение вариабельности индексов прироста особенно значимо при потеплении климата во второй половине XX ст. Неустойчивость климатической системы Беларуси сказалась и на ходе радиального прироста у сосны.

Реакция сосны обыкновенной на температуру воздуха и осадки за всю историю инструментальных наблюдений (1892-2000 гг.) подтвердила широкий диапазон преадаптированности этой древесной породы к переменам климата. За более чем 100-летний период не обнаружена, за редким исключением, статистически значимая зависимость индексов радиального прироста от изменяющихся температурных условий и осадков.

Таким образом, изменчивость радиального прироста сосны в условиях техногенного загрязнения подчинена тем же закономерностям, что и у насаждений на незагрязненных территориях: низкая чувствительность к внешним факторам среды; неустойчивая реакция на климатические факторы; угнетение с 1880-х до 1920-х гг. после относительно благоприятного периода; максимальная стволовая продуктивность в 1920-1940-е гг. с синхронной депрессией в начале 1940-х гг. и прогрессирующее снижение прироста во второй половине XX ст. При потеплении климата после 1976 г. в экологических условиях городов возросла дисперсия индексов радиального прироста. Современный уровень загрязнения воздушной среды Минска и Могилева не является лимитирующим для сосны обыкновенной, преадаптированность которой к данному экотопу отражена в многолетнем ходе изменчивости радиального прироста в течение XIX-XX ст.

Таблица 2

Возраст, лет	Стандартное отклонение индексов радиального прироста возрастных групп сосен в Минске и Могилеве		
	Стандартное отклонение		
	До 1940 г.	1945-1976 г.	1977-2002 г.
Могилев, лесопарк «Печерский»			
145	5,2	6,4	8,0
90	7,4	5,2	13,4
Минск, парк им. 50-летия Октября			
175	12,3	12,5	19,4
85	6,9	8,4	13,7
Минск, лесопарк им. Челюскинцев			
150	13,8	11,6	12,6
Логойский			
60		3,8	7,2
Городище			
140	6,8	7,9	7,8
105	7,7	6,6	7,2

1. Киселев В.Н., Матюшевская Е.В. Экология ели. Мн., 2004.

2. Киселев В.Н., Матюшевская Е.В., Яротов А.Е., Митрахович П.А. // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: Матэрыялы міжнар. навук. канф., Брэст, 16-18 чэрв. 2004 г.: у 2 ч. Брэст, 2004. 4. 1. С. 274.

3. Кравчук Л.А. Лихеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха городов Беларуси: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Мн., 2001.

4. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М., 1974.

5. Логинов В.Ф. // Исследования по геомагнетизму, аэронамии и физике Солнца: Сб. ст. Иркутск, 1972. Вып. 21. С. 141.

6. Логинов В.Ф. Вулканические извержения и климат. Л., 1984.

7. Логинов В.Ф. Причины и следствия климатических изменений. Мн., 1992.

8. Покровская Т.В. // Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли: Сб. ст. М., 1971. С. 12.

9. Douglass A.E. A study of the annual rings in relation to climate and solar activity. 1928. Vol. 2. С. 736.

Поступила в редакцию 17.06.05.

Алексей Евгеньевич Яротов - старший преподаватель кафедры физической географии материков и океанов и методики преподавания географии.