
**ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ
ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРИРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
(*PINUS SYLVESTRIS*) В ПОДТАЕЖНЫХ
СООБЩЕСТВАХ МЕЩЕРЫ
(по материалам дендрохронологических исследований)***

О.С. Железнова¹, Н.А. Черных¹, С.А. Тобратов²

¹ Экологический факультет

Российский университет дружбы народов

ул. Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

² Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина

ул. Свободы, 46, Рязань, Россия, 390000

Представлен опыт оценки факторов биологической продуктивности сосны обыкновенной в контрастных по увлажненности урочищах Мещерской низменности. На основе анализа материалов дендрохронологических исследований установлены значимые факторы прироста для отдельных циркуляционных эпох Вангенгейма — Гирса. Показана приоритетная роль условий осенне-зимнего периода для прироста сосны останцовой местности и существенное влияние факторов летнего периода на прирост модельного дерева из переувлажненной депрессии. Несмотря на различия в факторных структурах, установлено существенное сходство динамики приростов сосен из контрастных по увлажненности местообитаний на протяжении всего периода роста.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, факторы прироста, климатическая динамика, циркуляционные эпохи, регрессионный анализ

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) — порода, лидирующая по распространенности в подтаежных сообществах Рязанской Мещеры. Физиологические и анатомо-морфологические особенности сосны определяют ее широкую экологическую амплитуду [1]. Произрастая как на сухих песках, так и в условиях олиготрофных болот и занимая, таким образом, крайне неблагоприятные местообитания, сосняки в то же время чутко реагируют даже на незначительное улучшение условий. Во второй половине XX в. был получен обширный материал по продуктивности сосняков в разных природных зонах и типах лесорастительных условий, в том числе при выполнении работ по Международной биологической программе [3; 6; 7]. Климатическая динамика последних десятилетий, которые принято относить к периоду «глобального потепления», способствовала существенному изменению продукционного потенциала древесных растений. Этим в значительной степени объясняется повышенный интерес к изучению биологической продуктивности растительных сообществ в последние годы.

* Работа выполнена при поддержке Русского географического общества (проект «Оценка ландшафтных закономерностей биологической продуктивности лесных фитоценозов Рязанской области в условиях меняющегося климата и биогеохимические аспекты их устойчивости к антропогенному химическому загрязнению», договор № 10/2014-ДП2 от 4 декабря 2014 г.).

Настоящая работа представляет собой опыт оценки ключевых факторов прироста сосны методами дендрохронологии. В качестве района дендрохронологических исследований выбрана территория Рязанской Мещеры. Мещерская низменность относится к зоне хвойно-широколиственных лесов и представляет собой обширную плоскую равнину с верейно-котловинным рельефом [5]. Наибольшие абсолютные высоты в пределах района исследований (118—125 м) приурочены к фрагментарно сохранившимся эрозионным останцам озерно-аллювиальной аккумуляции московского возраста. Максимальную площадь в Рязанской Мещере занимает ранневалдайская аккумулятивная равнина, соответствующая уровню второй надпойменной террасы Оки (110—118 м). Поверхность равнины переработана термокарстом и элювиальными процессами, осложнена древними эрозионными врезами, что обуславливает широкое распространение котловин, часто заболоченных. Условия для произрастания в пределах района исследований растительных сообществ определяются различиями в характере водообмена на фоне, как правило, низкого уровня трофности песчаных и супесчаных мещерских почв. В качестве модельных объектов изучения продуктивности нами были выбраны деревья из контрастных по увлажненности местообитаний. Условиям останцовой местности (водопроницаемый песчаный субстрат и большая глубина залегания грунтовых вод) отвечает серия хронологий, полученная для сосны, произрастающей на бугристом останце третьей надпойменной террасы (модельный объект взят в урочище Соколы горы у с. Кельцы). Кроме того, серия хронологий была получена для сосны из заболоченной депрессии (у д. Картаносово).

Подсчет ширины годовых колец осуществлялся при помощи программ Coorecorder и CDendro с точностью до 0,001 мм. Полученные ряды данных сглаживались 20-летними скользящими средними по методу Битвинскаса [2]. При этом получался эталонный ряд, в котором усреднялись все низкочастотные и случайные колебания прироста. Путем деления фактической ширины годовых колец на эталонную определялись индексы прироста, независимые от возрастных характеристик и содержащие информацию лишь о внешних факторах продуктивности. Статистическая обработка данных производилась в программных пакетах STATISTICA и Excel.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты корреляционного анализа рядов прироста для хронологий сосны из контрастных по увлажненности местообитаний. Анализ выполнен как для отдельных десятилетий, так и для циркуляционных эпох Г.Я. Вангенгейма—А.А. Гирса [4]. Формы циркуляции, аномальная повторяемость которых определяет ту или иную эпоху, отличаются различной степенью проявления зональных и меридиональных процессов. Это отражается на значениях метеоэлементов и их динамике и определяет различную увлажненность геосистем в разные эпохи. Так, в эпохи восточной формы циркуляции Е увлажненность, индикатором которой, как показано нами ранее [9], может служить разность осадков холодного периода (ноябрь — март) и слоя стока р. Пры, дренирующей Мещерскую низину, минимальна, а в эпоху господства зонального западного переноса (форма W+E), напротив, максимальна (рис. 1). Циркуляционные эпохи, таким образом, являются объективными временными интервалами для анализа прироста и факторов, его определяющих.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции (k) между средними приростами сосны в контрастных по увлажненности местообитаниях для десятилетних периодов

Период (десятилетие)	1920— 1929	1930— 1939	1940— 1949	1950— 1959	1960— 1969	1970— 1979	1980— 1989	1990— 1999	2000— 2010
k между хронологиями	0,648	0,690	0,198	0,363	-0,616	0,255	-0,271	-0,162	0,662

Таблица 2

Коэффициенты корреляции (k) между средними приростами сосны в контрастных по увлажненности местообитаниях для циркуляционных эпох Вангенгейма—Гирса

Период (эпоха циркуляции)	1915— 2010	1915— 1928 (W)	1929— 1939 (E)	1940— 1948 (C)	1949— 1971 (E+C)	1972— 1995 (E)	1996— 2009 (W+E)
k между хронологиями	0,391	0,492	0,691	0,244	-0,146	-0,363	0,194

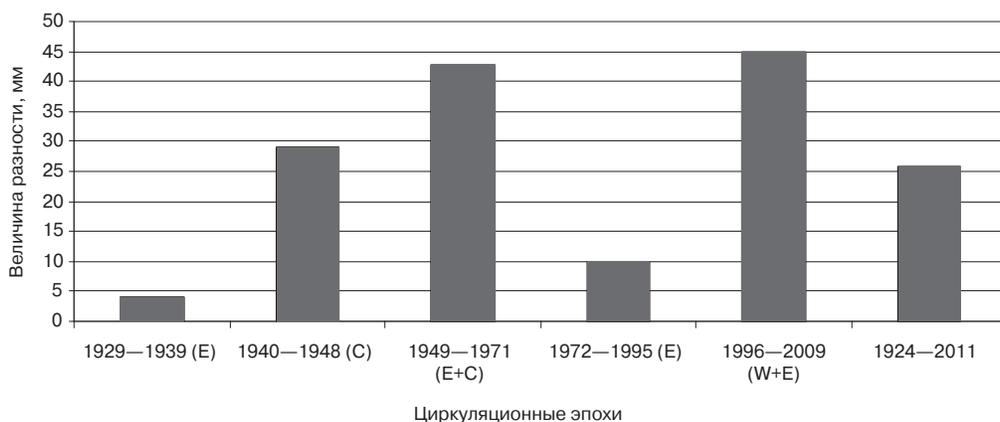


Рис. 1. Разность осадков холодного периода и стока для циркуляционных эпох Вангенгейма—Гирса как индикатор различий в увлажненности эпох

Как следует из табл. 1 и 2, противоположный характер динамики приростов сосны в контрастных по увлажненности местообитаниях проявлялся в 1960-е, 1980-е и 1990-е гг. Уменьшение модульных значений коэффициентов в 1990-е по сравнению с 1980-ми гг. указывает на уменьшение контрастности состояния сосняков к началу 2000-х гг. Кроме того, климатическая динамика последнего десятилетия (2000—2010 гг.) способствовала дальнейшему «размыванию» высокой контрастности. Примечательно, что до 1940-х гг. контрастность функционирования вообще не проявлялась, и реакция сосен из различных по увлажненности местообитаний на климатическую динамику была сходной. Контрастность функционирования стала повышаться с 1940-х гг., когда аномальное развитие получила меридиональная форма циркуляции С; она сохранялась и поддерживалась на протяжении большей части периода «глобального потепления», за исключением его финальной фазы.

Значение «интегрального» коэффициента корреляции между хронологиями (+0,391) свидетельствует о существенном сходстве динамики приростов модель-

ных деревьев на протяжении всей их жизни. Это следует также из почти параллельного хода кривых (особенно до 1940-х гг.) (рис. 2), представляющих собой отношение фактического диаметра модельных деревьев сосны к зональному возрастному нормативу, полученному по базе данных В.А. Усольцева [10]. Отметим, что условия переувлажненной депрессии должны быть признаны существенно более благоприятными, чем условия останца третьей надпойменной террасы: на протяжении всей жизни модельного дерева в первом случае его диаметр существенно выше нормативного, в то время как в условиях песчаного останца ситуация обратная. Более высокий уровень продуктивности в «овражном» урочище по сравнению с водораздельным характерен также, как было показано нами ранее [8], и для дуба. Это связано, по-видимому, не только с лучшей влагообеспеченностью «овражных» урочищ, но и с лучшими условиями минерального питания в пониженных элементах рельефа, что особенно актуально для Мещеры с ее бедными песчаными почвами.

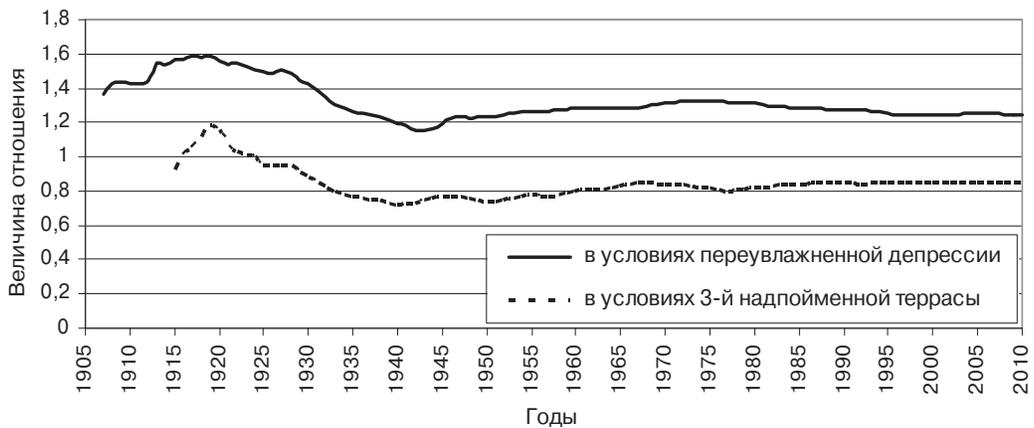


Рис. 2. Отношение фактического диаметра модельных деревьев сосны к зональному возрастному нормативу

На рисунке 3 представлены результаты сравнения средних для эпох индексов прироста для модельных сосен из контрастных по увлажненности местообитаний. В целом, динамика средних значений по эпохам очень сходна. Минимальные индексы прироста в обоих случаях были характерны для эпохи Е 1929—1939 гг. Они максимально скоррелированы между собой и, согласно результатам LSD-теста (в настоящей работе не приводятся), достоверно ниже, чем приросты в остальные эпохи. Максимальные приросты, а также их наибольшая вариабельность отмечались в эпоху формы С 1940—1948 гг.; близкими к максимальным были приросты в начальный период роста модельных деревьев, который пришелся на зональную циркуляционную эпоху. Различия в средних значениях индексов прироста характерны для финальной фазы «глобального потепления» (1996—2009 гг.): на останце третьей надпойменной террасы приросты сосны были снижены, в то время как в условиях переувлажненной депрессии отмечалась тенденция их роста до 2005 г.

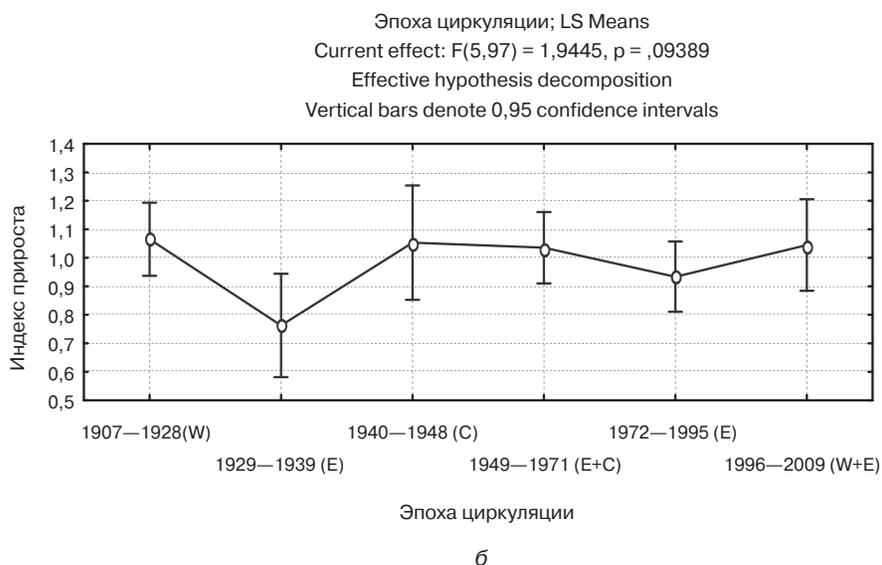
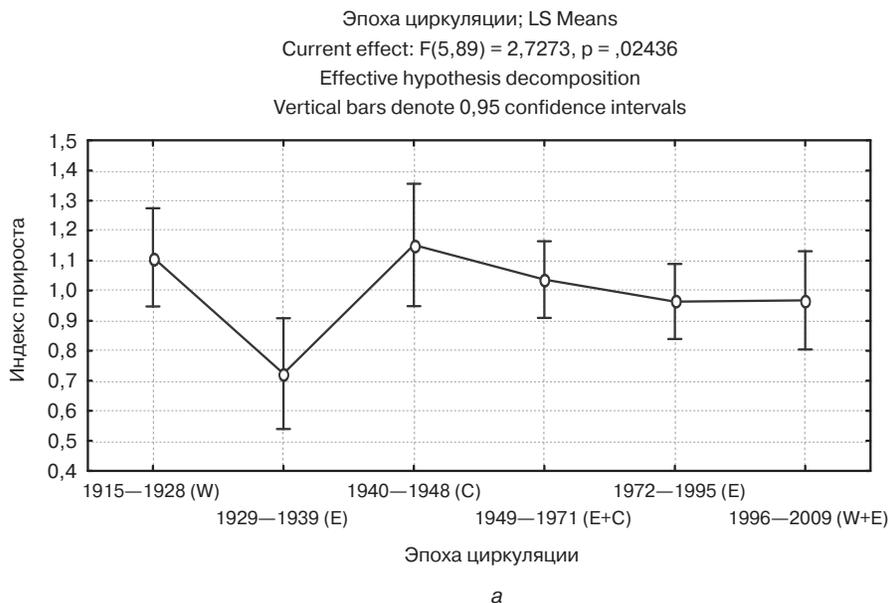


Рис. 3. Средние приросты сосны для циркуляционных эпох Вангенгейма — Гирса (тест «Наименьшая значимая разность Фишера»): а — на останце 3-й надпойменной террасы; б — в условиях переувлажненной депрессии

Для выявления факторов, влияющих на прирост сосны, применялся регрессионный анализ. При этом в качестве предикторов использовались метеопараметры для каждого месяца (средняя температура и сумма осадков), а также некоторые интегральные параметры увлажнения и теплообеспеченности. Всего в анализ было включено 40 предикторов. Отметим, что регрессионный анализ для выявления ведущих факторов прироста наиболее информативен для однородных циркуляционных эпох, когда максимальное развитие получала какая-либо одна форма циркуляции, аномальная повторяемость которой и определяла так назы-

ваемый «фон» эпохи. При этом максимальной информативностью обладают не *B*-коэффициенты уравнений регрессии, а стандартизованные *Beta*-коэффициенты, с помощью которых возможно провести ранжирование предикторов по степени их влияния на отклик. В зависимости от знака перед коэффициентом имеет место лимитирующее либо стимулирующее воздействие на прирост какого-либо фактора в ту или иную циркуляционную эпоху.

На рисунке 4 представлена ранговая диаграмма факторов прироста для эпохи восточной формы циркуляции Е 1929—1939 гг. При отмеченном выше сходстве средних значений индексов прироста обращают на себя внимание различия в факторной структуре для контрастных по увлажненности местообитаний.

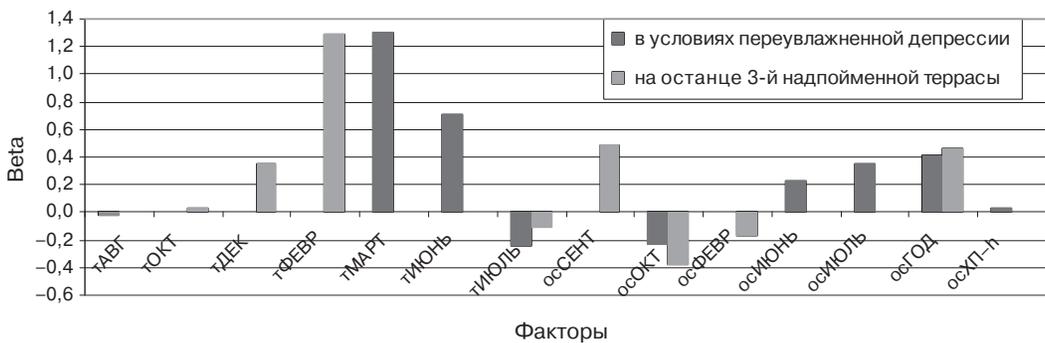


Рис. 4. Ранговая диаграмма влияния факторов на радиальный прирост сосны в Мещере в 1929—1939 гг. (эпоха формы Е)

Примечание. Здесь и далее: тАВГ, тСЕНТ, тОКТ, тНОЯ, тДЕК, тЯНВ, тФЕВР, тМАРТ, тАПР, тМАЙ, тИЮНЬ, тИЮЛЬ, тАВГ этого года — средняя температура соответственно августа, сентября, октября, ноября, декабря (года, предшествующего приросту), января, февраля, марта, апреля, мая, июня, июля, августа (года прироста); осАВГ, осСЕНТ, осОКТ, осНОЯ, осДЕК, осЯНВ, осФЕВР, осМАРТ, осАПР, осМАЙ, осИЮНЬ, осИЮЛЬ, осАВГ этого года — общее количество осадков для тех же месяцев; осА-И₋₁, тА-И₋₁ — осадки и температура апреля-июля предыдущего года; осХП₋₁, тХП₋₁ — осадки и температура холодного периода предыдущего года; осГОД, осГОД₋₁, осЗГОДА — сумма осадков за год, за предыдущий год и за три года; тГОД, тГОД₋₁, тЗГОДА — средняя температура за данный год, за предыдущий год и за 3 года; осХП — h, осХП — h₋₁, осХП — h (ЗГОДА) — разность осадков холодного периода и слоя стока р. При в данном году, в предыдущем году и в среднем за три года

Для сосны на останце недостаток увлажнения — лимитирующий фактор на протяжении всей жизни дерева, а в экстремально засушливую эпоху формы Е 1929—1939 гг. влияние данного фактора выражено особенно сильно. При этом максимальное влияние на прирост оказывают условия осенне-зимнего периода. Они влияют на увлажненность преимущественно в начальный период вегетации; по-видимому, дефицит увлажнения в эпоху формы Е возможен уже в мае: он в эту эпоху аномально теплый (из-за аномального развития формы Е ГТК в мае для 50% лет эпохи меньше 1). Повышенные температуры декабря и февраля в определенной мере могли бы компенсировать резкий дефицит увлажнения, однако они в данную эпоху были ниже средних значений. Кроме того, положительное влияние на прирост оказывали также осадки сентября (осенняя влагозарядка) и годовые осадки. К летним факторам, снижающим прирост, относится температура июля.

В условиях переувлажненной депрессии максимальна роль летних факторов и температуры марта, а дефицит влаги особенно остро проявляется в июле. Фактор «температура июня» в данном случае мало показателен, поскольку исчезает при исключении «выброса» — индекса прироста за 1934 г., когда наблюдалось аномальное увлажнение июня (ГТК = 2,72).

Из особенностей факторной структуры в эпоху С подчеркнем значимость для сосны на останце осадков мая и июня, а для модельного дерева из переувлажненной депрессии — июля и августа (рис. 5). Здесь проявляется закономерность удлинения периода прироста по диаметру при достаточном увлажнении, и в факторную структуру включаются месяцы второй половины вегетационного периода (отметим, что подобная закономерность была установлена нами ранее и для дуба [8]). Как и в предыдущую эпоху формы Е, на останце существенное влияние на прирост оказывают условия осенне-зимнего периода. Вклад осенне-зимних факторов в объяснение дисперсии прироста сосны на останце составляет 58%, в то время как в условиях заболоченной депрессии лишь 9,4%, а влияние летних факторов по-прежнему максимально. По-видимому, для сосны в понижении стрессовых воздействий, связанных с недостатком влаги, в первой половине вегетационного периода не возникает, поэтому осенне-зимние факторы, отвечающие за увлажнение в начале вегетации, играют несущественную роль в те эпохи, когда они не способствуют избыточному увлажнению, снижающему продуктивность. Варьирование прироста в обоих случаях высокое, так как характер увлажнения в эпоху меридиональной циркуляции неустойчивый.

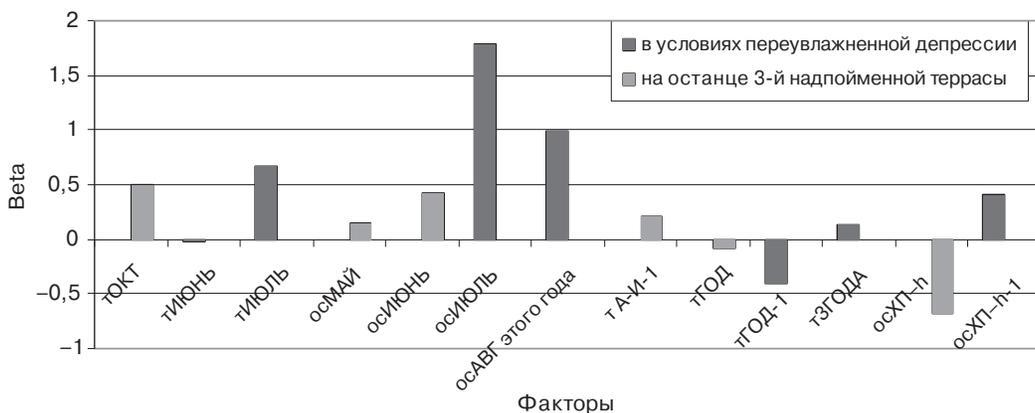


Рис. 5. Ранговая диаграмма влияния факторов на радиальный прирост сосны в Мещере в 1940—1948 гг. (эпоха формы С)

В финальную фазу «глобального потепления», относящуюся к эпохе зональной формы циркуляции W+E (1996—2009 гг.), для сосны на останце по-прежнему важную роль играют факторы осенне-зимнего периода: их вклад в объяснение дисперсии прироста составляет 77%. При этом данные факторы фиксируют положительную связь прироста с ростом увлажнения в осенне-зимний период, характерным для эпохи W+E (рис. 6). Благоприятные зимние условия, тем не менее, не способствовали существенному увеличению приростов сосны, так как в условиях третьей надпойменной террасы и песчаного субстрата осенне-зимних за-

пасов влаги хватает, как правило, только до середины мая [6]. Рост же увлажнения в летние месяцы в эпоху W+E был крайне неустойчивым, поэтому приросты в 1996—2009 гг. находятся на достаточно низком уровне.

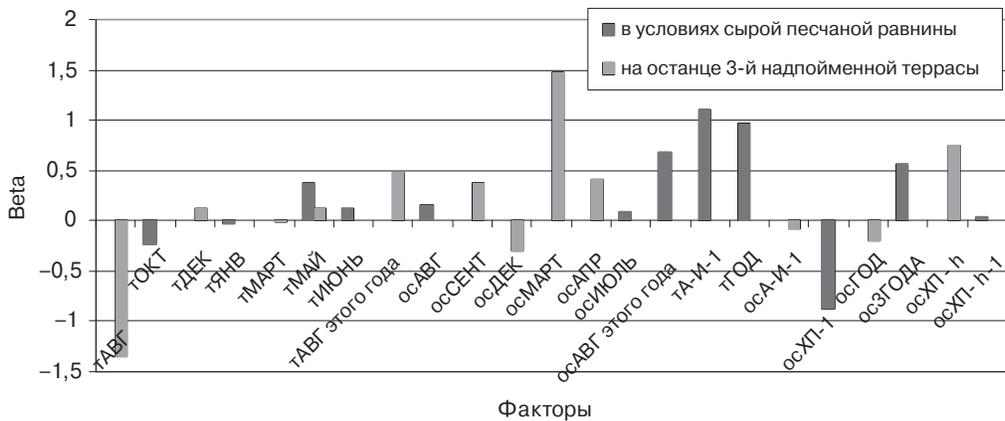


Рис. 6. Ранговая диаграмма влияния факторов на радиальный прирост сосны в Мещере в 1996—2009 гг. (эпоха форм W+E)

Факторная структура для сосны из заболоченной депрессии для 1996—2009 гг. очень подвижна и сильно зависит от удаления «выбросов» — лет с аномально низкими приростами. Из-за невозможности ее однозначной интерпретации в регрессионный анализ были включены индексы прироста для другого модельного дерева, отвечающего условиям чрезвычайно широко представленных в районе исследований сырых песчаных равнин, соответствующих уровню второй надпойменной террасы (см. рис. 6). Сосна здесь растет в условиях водопроницаемого песчаного субстрата, низинного рельефа и неглубокого залегания грунтовых вод. Положительная связь с температурой мая, июня и вегетационного периода предыдущего года, а также отрицательный характер связи с осадками холодного периода предыдущего года указывают на возможное переувлажнение в первой половине периода вегетации. В то же время в июле и особенно в августе возможен дефицит влаги: ГТК в августе для 50% лет эпохи существенно ниже 1, причем в 85% случаев засушливому августу предшествовал сухой июль.

Среди факторов, оказывающих существенное влияние на прирост, особо стоит остановиться на комплексных индикаторах тепло- и влагообеспеченности, характеризующих связь продуктивности с условиями предыдущих лет. Как следует из рассмотренных выше ранговых диаграмм, влияние «предыстории» возрастает в эпохи достаточного и избыточного увлажнения (С, W+E) — соответствующие факторы входят в число значимых предикторов — и не сказывается на приростах в эпоху восточной формы Е 1929—1939 гг. В литературе можно найти неоднократные упоминания о влиянии на прирост различных древесных пород условий предшествующих лет. Результаты специально поставленного в 1970-е гг. эксперимента по изоляции от осадков культур сосны мшисто-лишайниковых сосняков Мещеры показали, что сосна после двухлетнего дефицита осадков весьма медленно восстанавливает способность к энергичному наращиванию древесины ствола. При восстановлении естественного режима увлажнения на протя-

жении четырех лет площадь годичного кольца оставалась значительно меньше, чем на контроле [6].

Для модельных деревьев сосны отмечается очень сильная положительная корреляция прироста текущего года с индексами прироста за предыдущий год, а также достаточно существенная корреляция с индексами прироста позапрошлого года. При включении в корреляционный анализ индексов для более ранних лет корреляция отсутствует. На величину прироста, следовательно, оказывают влияние приросты двух предшествующих лет и метеоусловия как минимум трех предшествующих лет. Значения коэффициентов корреляции очень близки для сосен из контрастных по увлажненности местообитаний, хотя для сосны из заболоченной депрессии они несколько выше, что согласуется с отмеченной выше определяющей ролью «предыстории» в условиях достаточного и избыточного увлажнения (табл. 3).

Таблица 3

Корреляция индексов прироста сосны в текущем году с приростами в предшествующие годы (автокорреляция в рядах индексов прироста)

Корреляция	Условия	
	останца 3-й надпойменной террасы	переувлажненной депрессии
ИП-1	0,613	0,653
ИП-2	0,240	0,293
ИП-3	0,076	0,01

Примечание. ИП-1, ИП-2, ... ИП-п — индексы прироста в предыдущий, позапрошлый и т.д. годы.

В таблице 4 приведены факторы, которые значимо влияют на прирост сосны в контрастных по увлажненности местообитаниях. При этом в регрессионный анализ, выполненный для всего периода роста модельных деревьев, последовательно включались в качестве предикторов ряды индексов прироста предшествующих лет. Анализ таблицы позволяет расширить представление о влиянии уровня продуктивности предыдущих лет на прирост в текущем году, о котором в самых общих чертах было сказано выше.

Таблица 4

Факторы, значимо влияющие на прирост сосны в контрастных по увлажненности местообитаниях

При включении в регрессионный анализ в качестве предиктора	В условиях останца 3-й надпойменной террасы			В условиях переувлажненной депрессии		
	Факторы	Beta	R ^{2*}	Факторы	Beta	R ^{2*}
ИП-1	ИП-1	0,641	0,631	ИП-1	0,741	0,716
	тИЮНЬ	-0,337		тАВГ	-0,200	
	осСЕНТ	0,211		тОКТ	0,216	
	осМАЙ	0,197		тМАРТ	0,285	
	тГОД-1	-0,213		тМАЙ	-0,181	
				осДЕК	-0,174	
			осИЮНЬ	0,259		
			тХП-1	-0,282		
			осА-И-1	0,183		
			осЗГОДА	-0,332		
			осХП-п (3 года)	0,328		

При включении в регрессионный анализ в качестве предиктора	В условиях останца 3-й надпойменной террасы			В условиях переувлажненной депрессии		
	Факторы	Beta	R ^{2*}	Факторы	Beta	R ^{2*}
ИП-2	ИП-2	0,301	0,468	ИП-2	0,373	0,411
	тФЕВР	0,276		тФЕВР	0,233	
	тИЮНЬ	-0,249		тМАРТ	0,313	
	осСЕНТ	0,314		тМАЙ	-0,275	
	осЯНВ	0,324		осСЕНТ	0,327	
	осМАЙ	0,209		осДЕК	-0,244	
	тЗГОДА	-0,262		осИЮНЬ	0,276	
	осГОД-1	0,285		тЗГОДА	-0,363	
			осА-И-1	0,322		
			осХП-н (3 года)	0,329		
ИП-3	тФЕВР	0,291	0,388	тМАЙ	-0,287	0,276
	тИЮНЬ	-0,191		осСЕНТ	0,282	
	осСЕНТ	0,288		осА-И-1	0,238	
	осЯНВ	0,347		осХП-н (3 года)	0,316	
	тЗГОДА	-0,430				
	осГОД-1	0,225				

* R² — коэффициент детерминации.

При включении в регрессионный анализ ИП-1 данный фактор значимо влиял на прирост текущего года; на его долю приходится от 23% (в условиях заболоченного понижения) до 40% (для сосны на останце) объясненной дисперсии прироста. При этом суммарное влияние на прирост условий предшествующих лет (включая и ИП-1) составляет чуть более 50%: 53,4% для сосны на останце и 59,7% для модельного дерева из переувлажненной депрессии.

Подчеркнем, что в условиях заболоченных котловин в число значимых факторов прироста входит существенно большее количество интегральных параметров тепло- и влагообеспеченности предыдущих лет. Для сосны, произрастающей на останце, факторная структура более простая. Помимо ИП-1, на долю которого, как уже отмечалось, приходится 40% объясненной дисперсии, на прирост значимо влияют условия первой половины вегетации (осадки мая и температура июня) и осадки сентября (осенняя влагозарядка). При этом характер связи с данными факторами указывает на лимитирующее воздействие на прирост сосны на останце недостатка увлажнения на протяжении всего периода роста модельного дерева. Однозначность лимитирующего фактора и обуславливает достаточно простую факторную структуру. Изменчивость приростов сосны на останце в значительной мере определяется характером увлажнения и температурным режимом второй половины мая и июня, когда осенне-зимние запасы влаги уже израсходованы. Для сосны из заболоченной депрессии столь однозначно интерпретировать факторы прироста нельзя, и ведущий лимитирующий фактор определить сложно. В 1929—1939 гг., как было показано выше, это также дефицит влаги, однако при стабильно высоком увлажнении в течение ряда лет возможен ее избыток.

При включении в регрессионный анализ ИП-2 данный фактор также значимо влияет на прирост текущего года, однако на его долю приходится существенно меньшая часть объясненной дисперсии: от 12,2% (в условиях заболоченного по-

нижения) до 13,6% (для сосны на останце). Кроме того, значения R^2 существенно ниже, чем в моделях с использованием в качестве предиктора ИП-1. ИП-3 не вошел в число значимых факторов прироста; при этом значения R^2 еще более снизились.

Таким образом, анализ пространственно-временных закономерностей продуктивности сосны в подтаежных сообществах Мещеры, проведенный в рамках циркуляционных эпох Вангенгейма—Гирса, позволил выявить значимые факторы прироста для каждой эпохи. Показано, что факторная структура продуктивности изменчива во времени и пространстве в зависимости от циркуляционного «фона» эпохи. При этом имеет решающее значение учет внутриландшафтных пространственных различий (экотопов разной гидроморфности) и сезонного хода метеовеличин (тогда как их обобщенные среднегодовые значения не информативны). Вскрыты механизмы действия главных лимитирующих факторов прироста *Pinus sylvestris* — дефицита влаги в корнеобитаемом слое и, реже, ее избытка.

Следует особо отметить результаты сопоставления индексов прироста сосны в данный и предшествующий годы, как способа анализа инерционности продукционных процессов. Они свидетельствуют, что биоклиматическая система ландшафтов Мещеры обладает достаточно непродолжительной «памятью» о своих прошлых состояниях (не более двух лет). При этом контрастные по условиям увлажнения экотопы в данном отношении очень сходны, что свидетельствует о ведущей роли в формировании «инерции прироста» не геоморфологических или климатических, а физиологических факторов — видоспецифичных процессов накопления и перераспределения ассимилятов. Полученные нами данные в некоторой мере восполняют имеющийся в настоящее время дефицит сведений о соотношении «внешних» (географических) и «внутренних» (физиологических) факторов биологической продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Биологическая флора Московской области: Выпуск 5 / под ред. Т.А. Работнова. М.: Изд-во Московского ун-та, 1980.
- [2] *Битвинкас Т.Т.* Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеиздат, 1974.
- [3] *Габеев В.Н.* Биологическая продуктивность лесов Приобья. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1976.
- [4] *Гирс А.А.* Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеиздат, 1971.
- [5] *Кривцов В.А., Водорезов А.В.* Особенности строения и формирования рельефа на территории Рязанской области. Рязань: Изд-во Рязанского гос. ун-та имени С.А. Есенина, 2006.
- [6] *Орлов А.Я., Абатуров Ю.Д., Богатырев Ю.Г.* Экспериментальное изучение влияния недостатка влаги в почвах на жизнедеятельность культур сосны мшисто-лишайниковых сосняков // Почвенно-экологические исследования в сосновых лесах Мещеры. М.: Наука, 1980. С. 86—212.
- [7] *Семечкина М.Г.* Структура фитомассы сосняков. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1978.
- [8] *Тобратов С.А., Железнова О.С.* Дендроклиматический анализ прироста дуба черешчатого (*Quercus robur*) в подтаежных экосистемах Мещерской низменности: материалы международной научно-практической конференции World & Science. Брно, 2014. С. 109—119.

- [9] *Тобратов С.А., Железнова О.С.* Факторы и пространственно-временные закономерности биологической продуктивности лесных фитоценозов на примере Рязанской Мещеры // *Итоги диссертационных исследований*. Т. 1: материалы V Всероссийского конкурса молодых ученых. М.: РАН, 2013. С. 59—73.
- [10] *Усольцев В.А.* Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002.

**THE ESTIMATION OF SPATIAL AND TEMPORAL REGULARITIES
OF BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF PINE (*PINUS SYLVESTRIS*)
IN MESCHERA SUBTAIGA ECOSYSTEMS
(according to the materials of tree-ring research)**

O.S. Zheleznova¹, N.A. Chernykh¹, S.A. Tobratov²

¹ Ecological Department
Peoples' Friendship University of Russia
Podolskoye shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

² Department of physical geography
Ryazan State University named for S. Yesenin
Svoboda str., 46, Ryazan, Russia, 390000

The results of the researches which have been devoted to the study of the factors of biological productivity of the pines growing in the forest phytocenoses of Ryazan Meschera have been generalized. The factors of biological productivity for the circulation periods of Vangengeim — Girs have been established by using of the dendrochronology. It is established that the factors of autumn and winter periods have the great significance for the growth of the pine in conditions of sandy soil and deep groundwaters. The factors of summer period have the great significance for the bioproductivity of the pine in conditions of wetland. It is shown that the pines growing in the different conditions of the habitat have similar changes of biological productivity.

Key words: pine, factors of biological productivity, climate change, circulation periods, regression analysis

REFERENCES

- [1] *Biologicheskaja flora Moskovskoj oblasti: Vypusk 5* [Biological flora in Moscow region: Book 5] / Pod red. T.A. Rabotnova. M.: Izd-vo Moskovskogo un-ta, 1980.
- [2] *Bitvinskas T.T. Dendroklimaticheskie issledovanija* [Dendroclimatic studies]. L.: Gidrometeoizdat, 1974.
- [3] *Gabeev V.N. Biologicheskaja produktivnost' lesov Priob'ja* [Forest biological productivity in the ob river region]. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otdelenie, 1976.
- [4] *Girs A.A. Mnogoletnie kolebanija atmosfernoj cirkuljacii i dolgosrochnye gidrometeorologicheskie prognozy* [Multi-year fluctuations of atmospheric circulation and long-term hydrometeorological forecasts]. L.: Gidrometeoizdat, 1971.
- [5] *Krivicov V.A., Vodorezov A.V. Osobennosti stroenija i formirovanija rel'efa na territorii Rjazanskoj oblasti* [Peculiarities of structure and formation of the relief on the territory of Ryazan region]. Rjazan': Izd-vo Rjazanskogo gos. un-ta imeni S.A. Esenina, 2006.

- [6] Orlov A.Ja., Abaturov Ju.D., Bogatyrev Ju.G. Jeksperimental'noe izuchenie vlijanija nedostatka vlagi v pochvah na zhiznedejatel'nost' kul'tur sosny mshisto-lishajnikovyh sosnjakov [Experimental study of the effect of moisture lack in the soils on the livelihoods of the pine in mossy-lichen pine forests]. *Pochvenno-jekologicheskie issledovanija v sosnovyh lesah Meshchery* [Soil-ecological studies in the pine forests of Meshchera]. M.: Nauka, 1980. S. 86—212.
- [7] Semechkina M.G. *Struktura fitomassy sosnjakov* [Structure of the pine forest phytomass]. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otdelenie, 1978.
- [8] Tobratov S.A., Zheleznova O.S. Dendroklimaticheskij analiz prirosta duba chereshchatogo (*Quercus robur*) v podtaezhnyh jekosistemah Meshherskoj nizmennosti [Dendroclimatic analysis of oak growth (*Quercus robur*) in sub-taiga ecosystems of Meshchera lowland]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «World & Science»* [Materials of the international scientifically-practical conference «World & Science»]. Brno, 2014. S. 109—119.
- [9] Tobratov S.A., Zheleznova O.S. Faktory i prostranstvenno-vremennye zakonomernosti biologicheskoy produktivnosti lesnyh fitocenzov na primere Rjazanskoj Meshchery [Factors and spatio-temporal regularities of forest biological productivity (example of Ryazan Meshchera)] *Itogi dissertacionnyh issledovanij. T. 1. Materialy V Vserossijskogo konkursa molodyh uchenyh.* [The results of the dissertation research. T. 1. Proceedings of the V all-Russian competition of young scientists]. M.: RAN, 2013. S. 59—73.
- [10] Usol'cev V.A. *Fitomassa lesov Severnoj Evrazii: normativy i jelementy geografii* [Forest biomass of Northern Eurasia: mensuration standards and geography]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2002.