

УДК 630*237.2:582

В. В. Пахучий

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕСА В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

Приведены результаты сравнения производительности леса, выраженной средним приростом стволовой древесины, в лесничествах Республики Коми в середине прошлого и начале текущего столетия. Для выравнивания прироста использованы обобщенные факторы. Обобщенные факторы интерпретированы по десяти климатическим параметрам. Установлено увеличение среднего прироста стволовой древесины с 0,99 м³/га в год в 1961 г. до 1,23 м³/га в год в 2008 г. Увеличение прироста связывается в основном с изменением климата.

Ключевые слова: производительность леса, изменение климата, прирост древесины, климат.

Введение. Вопрос о возможности глобального изменения климата обсуждается с конца прошлого столетия [1, 2]. По мнению ряда авторов, наиболее вероятно повышение средней температуры воздуха на 3–5°С и увеличение количества осадков на 7–16% [2–4]. Предполагается, что в Канаде и Скандинавии северная граница бореальных лесов может переместиться на север на расстояние до 700 км [4]. В Финляндии были разработаны модели, позволяющие прогнозировать изменение продуктивности лесов в связи с ожидаемым изменением климата, даны соответствующие рекомендации о целесообразности коррекции программ рубок ухода, охраны лесов от энтомовредителей, грибных заболеваний и т.д. [5]. В связи с тем, что именно для северных территорий изменение климата может иметь особое значение, актуально изучение этих процессов для Европейского Севера в целом и слагающих его регионов, в частности, Республики Коми.

Целью работы являлась оценка тенденций изменения климата в Республике Коми и возможного влияния этих изменений на производительность насаждений за последние полвека. Для достижения поставленной цели были сформулированы вопросы, предполагающие установление величины среднего прироста в лесхозах республики в середине прошлого и начале текущего столетия. Сравнивались климатические показатели в рассматриваемые периоды. Оценивались взаимосвязи между приростом и климатическими характеристиками. При этом учет влияния на величину прироста параметров, характеризующих климат, осуществлялся на основе факторного, корреляционного и множественного регрессионного анализов.

Методика и объекты. В работе выполнена оценка взаимосвязей среднего прироста насаждений по материалам лесоустройства по состоянию на 1961 и 2008 гг. с климатическими характеристиками в начале 60-х годов прошлого и начале текущего столетия. В первом случае в качестве учетной единицы был принят лесхоз. Использовали средний прирост древесины в лесных массивах [6]. Характеристика климатических условий 27 лесхозов приведена по десяти параметрам [7]. Во втором случае в качестве учетной единицы принято лесничество. Средний прирост древесины в лесных массивах взят из Лесного плана Республики Коми [8]. Используются новые климатические характеристики [9]. Следует отметить, что наиболее существенно при сравнении ранее использованных и новых климатических показателей отличается количество атмосферных осад-

ков и величина испарения. С целью комплексной оценки влияния климатических факторов на прирост использовали факторный анализ. Матрицы факторных нагрузок рассчитаны методом главных факторов.

Результаты и обсуждение. В результате факторного анализа, выполненного на основе показателей (табл. 1), характеризующих климат Республики Коми первой половины прошлого столетия [7], установлено следующее.

Т а б л и ц а 1

Климатические показатели первой половины XX столетия и матрица факторных нагрузок

Параметр	Обобщенные факторы	
	Ф1	Ф2
Продолжительность периода со среднесуточной температурой более 5°C, дней	0,989	-0,001
Продолжительность периода со среднесуточной температурой более 10°C, дней	0,989	0,054
Средняя многолетняя температура воздуха в июне, °C	0,958	0,169
Средняя многолетняя температура воздуха в июле, °C	0,924	-0,197
Средняя многолетняя температура воздуха в августе, °C	0,899	0,251
Сумма температур за период с температурой воздуха (среднесуточной) более 10°C	0,980	0,097
Продолжительность безморозного периода, дней	0,864	0,235
Годовая сумма осадков, мм	0,718	-0,561
Испарение с суши, мм	0,969	0,031
Гидротермический коэффициент (по Селянинову)	0,197	-0,939

Большая часть суммарной дисперсии может быть учтена обобщенными факторами Ф1, Ф2. Обобщенный фактор Ф1 учитывает около 77% суммарной дисперсии. Для Ф1 наиболее высоки вклады параметров, характеризующих температурный режим в отдельные месяцы и периоды, а также параметра «испарение с суши». Известно, что испарение в значительной степени связано с температурным режимом. Во всех случаях связь характеризуется положительной направленностью. В связи с вышеизложенным Ф1 интерпретирован как обобщенный фактор теплообеспеченности. Обобщенный фактор Ф2 учитывает около 14% суммарной дисперсии параметров, отражающих статьи прихода влаги или рассчитанных с использованием сумм осадков (гидротермический коэффициент). Связь данных параметров с Ф2 отрицательная, т.е. противоположная по направленности по сравнению с параметрами, определяющими содержание Ф1. Обобщенный фактор Ф2 можно интерпретировать как обобщенный фактор влагообеспеченности.

Факторы Ф1 и Ф2 были использованы для выравнивания среднего прироста в лесхозах Республики Коми по состоянию на 1961 г. [6] по уравнению (1):

$$Y = 0,989 + 0,123\Phi_1 + 0,060\Phi_2 \quad (1)$$

(N=27; R=0,97; R²=0,94; F=200,8; F_{0,001}=6,8),

где Y – средний прирост в лесхозах Республики Коми в 1961 г., м³/га в год;
Ф1, Ф2 – обобщенные факторы (табл. 1).

При выполнении факторного анализа по данным на конец прошлого столетия [9] установлено, что в данном случае большая часть суммарной дисперсии также может быть учтена обобщенными факторами Ф1, Ф2. При этом обобщенный фактор Ф1 учитывает около 75% суммарной дисперсии, а Ф2 – около 17%. Ф1 и Ф2 интерпретируются аналогично вышерассмотренному варианту интерпретации, т.е., Ф1 – это обобщенный фактор теплообеспеченности, а Ф2 – обобщенный фактор влагообеспеченности (табл. 2.).

Т а б л и ц а 2

Климатические показатели второй половины XX столетия и матрица факторных нагрузок

Параметр	Обобщенные факторы	
	Ф1	Ф2
Продолжительность периода со среднесуточной температурой более 5°C, дней	0,985	0,033
Продолжительность периода со среднесуточной температурой более 10°C, дней	0,979	-0,035
Средняя многолетняя температура воздуха в июне, °C	0,984	-0,017
Средняя многолетняя температура воздуха в июле, °C	0,974	-0,003
Средняя многолетняя температура воздуха в августе, °C	0,980	0,099
Сумма температур за период с температурой воздуха (среднесуточной) более 10°C	0,987	0,023
Продолжительность безморозного периода, дней	0,833	0,393
Годовая сумма осадков, мм	0,277	-0,845
Испарение с суши, мм	0,955	-0,082
Гидротермический коэффициент (по Селянинову)	0,129	-0,875

Факторы Ф1 и Ф2 использовали для выравнивания среднего прироста в лесничествах Республики Коми по состоянию на 2008 г. [8] по уравнению (2):

$$Y = 1,232 + 0,205\Phi_1 + 0,016\Phi_2 \quad (2)$$

$$(N=27; R=0,91; R^2=0,82; F=56,1; F_{0,001}=6,8),$$

где Y – средний прирост в лесничествах Республики Коми в 2008 г., м³/га в год;
 Φ_1 , Φ_2 – обобщенные факторы (табл. 2).

По уравнениям (1), (2) рассчитали средний прирост в лесхозах Республики Коми в 1961 г. и лесничествах республики в 2008 г. Прирост в Корткеросском участковом лесничестве Корткеросского лесничества и Сыктывкарском лесничестве, равные в 1961 и 2008 гг. соответственно 1,29 и 1,69 м³/га в год, приняли за 1,0, а приросты в других лесничествах выразили в долях от него (табл. 3).

Сравнение выровненных приростов и расчетных коэффициентов относительной продуктивности (табл. 3) показывает, что приросты и коэффициенты уменьшаются при движении с юга на север и от западных границ Республики Коми к Уральскому хребту. Это отражает общую тенденцию изменения лесорастительных условий в республике, связанную с широтными зональными различиями и усилением континентальности климата в направлении с запада на восток. Необходимо также учитывать, что наиболее высокие части Урала характеризуются арктическими условиями [9].

Средняя величина коэффициентов отличается незначительно (0,77 и 0,73). В то же время наблюдается значительное увеличение абсолютных значений среднего прироста в лесничествах Республики Коми. Так, если в 1961 г. средний прирост в целом для республики составлял 0,99 м³/га в год, то по последним оценкам лесоустройства в 2008 г. – 1,23 м³/га в год. Допуская сохранение такой тенденции и экстраполируя величину прироста на ½ периода с 1961 по 2008 гг., можем допустить, что к 2031 г. средний прирост составит 1,35 м³/га в год.

Выше указывалось, что обобщенные факторы Ф1 и Ф2 объясняют от 82 до 94 % изменчивости среднего прироста в республике. Это свидетельствует об определяющем вкладе климатических показателей в динамику прироста. Определенное значение, видимо, может иметь также изменение структуры лесопользования. В любом случае, вряд ли оправданным было бы рассматривать факт увеличения прироста в последние десятилетия только как результат ведения лесного хозяйства в регионе. В то же время заслуживает внимания вопрос количественной оценки соотношения вклада в изменение

прироста собственно климата, лесохозяйственной деятельности и изменения структуры лесопользования. Видимо, целесообразно было бы планирование комплекса специальных исследований, на основании которых могли быть приняты решения о коррекции объемов лесохозяйственных работ и методов оценки их эффективности, учитывающие климатические изменения. Для условий Республики Коми аналогичные работы могут быть выполнены в связи с анализом эффективности осушительной гидромелиорации, так как по данному направлению имеется материал для сравнительного анализа [10].

Т а б л и ц а 3

**Прирост древесины и коэффициенты относительной продуктивности
в лесничествах Республики Коми**

Лесничество	Средний прирост, м ³ /га в год		Коэффициент относительной продуктивности	
	1961 г.	2008 г.	1961 г.	2008 г.
Усть-Цилемское	0,47	0,24	0,36	0,14
Ижемское	0,52	0,49	0,40	0,29
Каджеромское	0,49	0,61	0,38	0,36
Печорское	0,13	0,08	0,10	0,05
Ёртомское	0,92	1,01	0,71	0,60
Удорское	0,89	0,96	0,69	0,57
Вымское	0,93	0,89	0,72	0,53
Сосногорское	0,89	0,86	0,69	0,51
Вуктыльское	0,38	0,57	0,29	0,34
Ухтинское	0,86	0,89	0,67	0,53
Троицко-Печорское	0,97	1,16	0,75	0,69
Печоро-Илычское	0,76	0,90	0,59	0,53
Айкинское	1,17	1,48	0,91	0,88
Железнодорожное	0,97	1,38	0,75	0,82
Сторожевское	1,06	1,36	0,82	0,80
Помоздинское	1,08	1,27	0,84	0,75
Усть-Немское	1,26	1,54	0,98	0,91
Комсомольское	0,92	1,29	0,71	0,76
Сыктывдинское	1,29	1,78	1,00	1,05
Сыктывкарское	1,29	1,69	1,00	1,00
Корткеросское	1,28	1,56	0,99	0,92
Усть-Куломское	1,23	1,53	0,95	0,91
Сысольское	1,36	1,84	1,05	1,09
Койгородское	1,36	1,94	1,05	1,15
Кажимское	1,40	1,92	1,08	1,14
Прилузское	1,39	2,01	1,08	1,19
Летское	1,42	2,11	1,10	1,25
Среднее	0,99	1,23	0,77	0,73

Примечание. В таблице сохранено наименование лесхозов по состоянию на 01.01.1991 г. Коэффициенты относительной продуктивности для Междуреченского, Мещурского, Усинского, Локчимского, Прутского лесхозов (с 2007 г. – лесничеств) могут быть рассчитаны методом интерполяции.

Реальна оценка влияния изменения климата на процессы естественного возобновления. В данной области лесоводственных исследований также имеются достаточные региональные наработки [11, 12]. В том, что связано с рубками ухода, охраной лесов от энтомофитов, грибных заболеваний, на данном этапе, видимо, возможны только экспертные оценки. При этом учет климатических изменений целесообразен как в северных районах, где происходит перемещение северной границы леса [4, 5], так и южных районах республики, для которых характерно наиболее значительное абсолютное

увеличение прироста (табл. 3). Разработанная система коэффициентов относительной продуктивности, учитывающая изменение климата в республике за последний полувек, может быть использована при сравнении лесоводственного эффекта от лесохозяйственных мероприятий в различных географических районах Республики Коми.

Таким образом, большая протяженность республики с севера на юг, влияние горного Урала обуславливают пространственную изменчивость лесорастительных условий на ее территории. Кроме этого, с течением времени лесорастительные условия в регионе изменяются в связи с глобальным изменением климата. Поэтому следует считать целесообразным учет этих изменений для обеспечения объективных оценок лесного фонда, при выборе объектов для выполнения лесохозяйственных работ и оценке их эффективности в связи с географическим положением объектов на территории Республики Коми.

Выводы

1. Большая часть суммарной дисперсии климатических показателей для лесничеств Республики Коми может быть учтена обобщенными факторами Ф1, Ф2. Ф1 интерпретирован как обобщенный фактор теплообеспеченности, а Ф2 – как обобщенный фактор влагообеспеченности.

2. Обобщенные факторы Ф1, Ф2 объясняют от 82 до 94% изменчивости среднего прироста в лесничествах Республики Коми. Это свидетельствует об определяющем вкладе климатических показателей в динамику среднего прироста в целом для республики.

3. За период с 1961 по 2008 гг. средний прирост в Республике Коми увеличился с 0,99 до 1,23 м³/га в год. Прогнозируемый средний прирост в 2031 г. – 1,35 м³/га в год.

4. Сравнение лесоводственного эффекта от лесохозяйственных мероприятий в различных географических районах Республики Коми возможно на основе системы коэффициентов относительной продуктивности, учитывающей изменение климата в республике за последний полувек.

Список литературы

1. *Pearse, F.* Warmer winters fit greenhouse model / F. Pearse // *New Science*. – 1991. – Vol. 129 (1752). – P. 20.
2. *Joyce, C.* America counts the cost of global warming / C. Joyce // *New Science*. – 1988. – Vol. 1636. – P. 26.
3. *Gribbin, J.* An assault on the climate consensus / J. Gribbin // *New Science*. – 1990. – Vol. 1747. – P. 26–31.
4. *Andrasko, K.* Global warming and forests: an overview of current knowledge / K. Andrasko // *Unasylva*. – 1990. – Vol. 41 (163). – P. 3–11.
5. *Kellomäki, S.* Model computations on the impacts of the climatic change on the productivity and silvicultural management of the forest ecosystem / S. Kellomäki, H. Hänninen, T. Kolström // *Silva Fenn*. – 1988. – Vol. 22 (4). – P. 293–305.
6. Леса и лесная промышленность Коми АССР. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1961. – 395 с.
7. Атлас Коми АССР. – М.: ГУГК ГК СССР, 1964. – 112 с.
8. Лесной план Республики Коми. – Книга 2. – Приложение 1. – Вологда: Комитет лесов Республики Коми, 2008. – С. 1–2.
9. Атлас по климату и гидрологии Республики Коми. – М.: Дрофа; Д и К, 1997. – 116 с.
10. *Пахучий, В. В.* Факторы продуктивности осушенных насаждений Европейского Северо-Востока / В. В. Пахучий. – Сыктывкар: Коми НЦ УрО АН СССР, 1991. – 114 с.
11. *Ларин, В. Б.* Культуры ели и кедра сибирского на северо-востоке европейской части СССР / В. Б. Ларин. – Л.: Наука, 1980. – 224 с.
12. *Ларин, В. Б.* Формирование хвойных молодняков на вырубках северо-востока европейской части СССР / В. Б. Ларин, Ю. А. Паутов. – Л.: Наука, 1989. – 144 с.

Статья поступила в редакцию 22.05.10.

V. V. Pakhuchiy

**FOREST PRODUCTIVITY IN CONNECTION
WITH CLIMATE CHANGE IN KOMI REPUBLIC**

The results of comparison of forest production, as average increment of bodywood, in Komi Republic forestries in the middle of the 20th and at the beginning of the 21st centuries are stated. To equalize the increase, some generalized factors were used. The generalized factors were interpreted by 10 climate parameters. It was ascertained that bodywood average increment has grown from 0,99 m³/ha per year in 1961 to 1,23 m³/ha per year in the 2008. The main reason of this increase is mainly connected with climate change.

Key words: *forest productivity, climate change, the shoot of wood, climate.*

ПАХУЧИЙ Владимир Васильевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесного хозяйства Сыктывкарского лесного института – филиала ГОУ ВПО «СПбГЛТА». Область научных интересов – лесоведение, лесоводство, таксация, гидротехнические мелиорации лесных земель. Автор 188 публикаций.
E-mail: pakhut@sfi.komi.com