

УДК 630*232:551.583

Е.Н. Наквасина, А.И. Барабин

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

Наквасина Елена Николаевна окончила в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и почвоведения Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет более 200 печатных работ в области исследований экосистем, биогеоценозов, биологии и экологии хвойных.

E-mail: nakvasina@agtu.ru



Барабин Александр Иванович родился в 1939 г., окончил в 1966 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры ландшафтного строительства и искусственных лесов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Имеет около 150 печатных работ в области лесосеменного мониторинга древесных пород на Европейском Севере России. Тел.: 8(8182) 21 61 56



ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ДЛЯ ЛЕСНОГО СЕМЕНОВОДСТВА НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ

Рассмотрены региональные особенности прогноза климатических изменений и возможности их учета при использовании семян для лесовосстановления на Европейском Севере. Показана необходимость сохранения генетического фонда уникальных лесов региона и преждевременность увеличения использования инорайонных семян.

Ключевые слова: изменения климата, прогнозирование, интродукция семян, лесное семеноводство, лесовосстановление.

Проявляющееся в последние десятилетия потепление климата предполагает возможность корректировки поставок инорайонных семян для лесовосстановления на Европейском Севере. При практическом применении прогнозов необходимо учитывать как региональные особенности ожидаемых климатических изменений, так и своеобразие современного генофонда лесных пород региона. Для решения вопросов расширения интервенции инорайонных семян на Север, прежде всего, необходимо выявить направления прогнозируемых изменений и тенденции современного состояния климатических характеристик в глобальном и региональном аспектах, прогнозируемые последствия климатических изменений, связанные с вегетативной и генеративной сферой хвойных пород, перспективы развития социально-экономических особенностей страны и региона.

© Наквасина Е.Н., Барабин А.И., 2012

Факт глобального потепления климата не вызывает сомнений [5, 6, 9]. Происходит рост температуры воздуха, уменьшение площади морского льда, повышение уровня моря. В течение столетия (1907–2006 гг.) изменение средней глобальной температуры воздуха составило $(0,74 \pm 0,18)$ °С, особенно сильно оно проявлялось в последние 50 лет. За 10 лет изменение равно 0,1 °С. Примерно такие же значения повышения средней температуры в приповерхностном слое воздуха приводит С.М. Семенов [18, 19]: за последние 100...140 лет она увеличилась на 0,6 °С и к 2100 г. превысит базовые значения (естественные изменения) примерно на 2,0 °С, увеличившись по сравнению с 1990 г. на 1,4...5,8 °С. По данным Е.П. Кашкарова и О.А. Поморцева [7], для всей Земли рост среднегодовой температуры составил 1,1 °С. Устойчивое потепление отмечено с конца 70-х годов прошлого века. Нарастание температуры до уровня, в 2 раза превышающего сегодняшний, должно произойти в ближайшие 200 лет, которые и будут наиболее теплыми. Потепление будет сопровождаться ростом влажности воздуха и почв.

Согласно Четвертому оценочному докладу МГЭИК (ОД4) [6] прогнозируемое потепление будет долгим и не может быть ослаблено естественным похолоданием климата Земли в ближайшие несколько тысяч лет.

В XXI в. наиболее сильное потепление, связанное с увеличением осадков, прогнозируется в северных широтах. Потепление климата на территории России оказалось более значительным, чем глобальное: за последние 35 лет среднее изменение температуры приземного слоя воздуха составило $(1,35 \pm 0,40)$ °С, средняя скорость роста температуры по России – 0,29 °С за 10 лет с максимумом зимой 0,40 °С [5, 9]. Среднее потепление для территории России 1,0 °С [21]. Однако в пределах ее территории потепление маскируется большой естественной изменчивостью температуры [9]. По данным Ю.П. Переведенцева и К.М. Шанталинского [16]: в приполярной зоне потепление – 2,36, в умеренных широтах – 0,81, в тропиках – 0,50 °С.

Глобальное потепление неоднозначно проявляется в сезонном ходе температур. Наиболее выраженное потепление на территории России наблюдается в зимний и весенний периоды – до 0,4 °С за 10 лет (зимой – над континентом, весной – в высоких широтах) [5, 8, 16]. Согласно С.М. Семенову и др. [20], наибольшее потепление (более 1,0 °С) сказывается в весенний период, тогда как осенью, зимой и летом проявляется эффект похолодания. При этом стабильно увеличиваются суммы температур выше +5 и +10 °С, возрастают суммы осадков примерно на 0,5...1,0 % за 10 лет.

Европейский Север (Баренц-регион) по прогнозу специалистов по глобальной экологии может оказаться эпицентром климатических изменений. Зона гидротермического оптимума сместится к северу. По разным прогнозам приземная температура воздуха может увеличиться на 1,5...4,5 °С [1, 2, 5, 10, 17, 21]. По данным Н.А. Завельской и др. [17], наиболее сильный рост температуры произойдет в Мурманской и Архангельской областях, по мнению И.И. Мохова, А.В. Елисеева, П.Ф. Демченко и др. [8], – в Сибири.

Данные С.М. Семенова и др. [19] указывают, что наибольшее потепление будет в холодный сезон в высоких широтах Северного полушария – на 40 % больше среднего глобально потепления, тогда как в более южных районах уровень потепления будет ниже среднего.

Потепление на Севере в настоящее время пока уступает потеплению 30-х годов [23]. Средняя температура воздуха в Архангельске повысилась на 0,4 °С, а в Нарьян-Маре – на 0,6 °С. При этом аномальное превышение достигло +2,0 °С.

Более того, на территории Европейского Севера в настоящее время фиксируется территориальная дифференциация потепления, связанная с зональностью, что необходимо учитывать при практическом применении прогнозов. Ю.Г. Шварцман [23] утверждает, что на севере (севернее 64° с.ш.) продолжается снижение средних многолетних температур (Тромсё), либо их незначительное повышение. По данным С.М. Семенова и др. [19], на территории России, расположенной южнее 60° с.ш., сумма средних температур за год увеличивается на 100 °С·сут, севернее – уменьшается. Средняя температура приземного слоя воздуха снизилась на 0,5 °С, но увеличилась ее изменчивость. Слабый отрицательный тренд температуры с возрастанием облачности отмечен для северных регионов страны в официальных обзорах [5].

Проявление локальных похолоданий в период глобального потепления вполне возможно и, вероятно, связано с климатической изменчивостью и незавершенностью естественных процессов. К тому же, региональные тренды могут быть обусловлены различным антропогенным воздействием [8].

Прогнозируемое изменение климата может оказать серьезное воздействие на лес как многоуровневую систему, компоненты которой обладают разной степенью ответной реакции на климатические изменения. Это может привести к нарушению их функционирования и устойчивости [21].

Прогнозирование реакции роста и продуктивности сосны в настоящее время дается по сравнительным характеристикам ее насаждений, произрастающих в различных климатических условиях. Единственной природной моделью, реально демонстрирующей уровень изменения вегетативных и генеративных процессов сосны обыкновенной на потепление климата, являются географические культуры [25], где в одних условиях произрастания выращиваются потомства различного географического происхождения. Перемещение потомства сосны с севера на юг имитирует потепление. Выращивание северных экотипов сосны в культурах на различной широте позволяет оценить реакцию их роста и развития при различном уровне изменения термического фактора [13–15].

Результаты, полученные при изучении роста и продуктивности потомств различного географического происхождения, дают перспективную картину ожидаемых изменений в молодняках, что важно для северных регионов, где не только велика доля молодых насаждений в структуре лесного фонда, но и проводятся лесовосстановительные работы при сплошных рубках. Немаловажна также оценка корректив переброски (интродукции)

инорайонных семян хвойных пород – сосны, ели, лиственницы, используемых для лесовосстановления на Европейском Севере России.

Согласно нашим исследованиям, проведенным в географических культурах сосны, места исходного произрастания которых расположены севернее пункта испытания, реакция на потепление у климатипов, произрастающих на разной географической широте, будет не однозначна (см. таблицу). На нее повлияет наследственная адаптивность породы к условиям произрастания, что связано с ее послеледниковой миграцией в северном направлении. Наиболее отзывчива сосна из Субарктики, адаптационная приспособленность к холодному климату северных широт у которой закреплена в генотипе не полностью [26]. Глобальное потепление климата, прогнозируемое в северных широтах, вызовет значительные изменения в росте сосны по высоте и диаметру, начиная с молодого возраста, в структуре популяций по репродуктивным особенностям. Так, при потеплении у сосны значительно увеличится радиальный и линейный приросты, возрастет объем ствола и общая производительность насаждений, повысится число семеносящих деревьев, урожай и качество семян, сократится периодичность семенных лет.

Динамика изучения географических культур, расположенных в 4 пунктах испытания на территории Европейского Севера [3], доказывает лучший рост потомства местных популяций и необходимость сужения границ перебросок инорайонных семян хвойных пород в регион по сравнению с действующим Лесосеменным районированием [11]. По результатам испытания географических культур сосны и ели 2-го класса возраста установлены следующие придержки: в Мурманскую область семена сосны и ели можно перемещать из лесничеств, расположенных не южнее 64° с.ш.; в северную и среднюю подзоны тайги – в пределах $63...58^{\circ}$ с.ш. для ели и $63...59^{\circ}$ с.ш. для сосны. Границы использования инорайонных семян в Вологодской области несколько шире, в частности территория поставки на север области (средняя подзона тайги) семян сосны и ели составляет $58...63^{\circ}$ с.ш., на юг области (южная подзона тайги) – $61...56^{\circ}$ с.ш. Дальность переброски с запада на восток должна ограничиваться 12° в.д.

При прогнозируемых изменениях климата использование семян более южных потомств не даст ощутимой прибавки в продуктивности древостоев, выращенных из них. В лучшем случае рост и продуктивность древостоев будут на уровне или близки местным средне- и южнотаежным потомствам. Это, несомненно, снивелирует проблему поставки на север инорайонных семян.

Учитывая явление «адаптивного запаздывания» (примерно на 100 лет) ответной реакции вида на климатические изменения [24] и высокую толерантность лесных экосистем, позволяющую им переносить неблагоприятные воздействия внешней среды, правомерно предположить, что наблюдаемые климатические изменения еще не вызвали их ответного отклика. В ближайшие 30...40 лет климатические изменения не создадут резкого ухудшения условий, требующихся для нормального развития основных лесобразующих пород [21].

**Рост и продуктивность сосны обыкновенной северного происхождения
в географических культурах Европейского Севера России**

Происхождение культур*		Прижи- ваемость, %	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Запас** стволовой древесины, м ³
Область (республика), лесхоз	с.ш.				
Плесецкий лесхоз Архангельской области (62°54' с.ш., 40°29' в.д.), 21-летние культуры					
Мурманская, Мончегорский	67°57'	75,6	5,2	7,6	8,6
Мурманская, Кандалакшский	67°00'	68,3	6,1	7,9	9,7
Карелия, Чупинский	66°22'	65,9	6,9	8,1	11,1
Архангельская, Пинежский	64°45'	73,0	5,6	9,2	13,0
Архангельская, Плесецкий	62°54'	61,3	6,2	10,2	14,8
Корткеросский лесхоз Республики Коми (61°41' с.ш., 51°31' в.д.), 22-летние культуры					
Мурманская, Мончегорский	67°57'	44,7	3,4	3,8	0,9
Мурманская, Кандалакшский	67°00'	44,3	4,8	4,9	1,9
Карелия, Чупинский	66°22'	40,0	6,9	7,0	4,9
Архангельская, Пинежский	64°45'	47,2	7,1	8,4	8,7
Архангельская, Плесецкий	62°54'	23,2	7,2	8,8	4,8
Карелия, Медвежьегорский	62°54'	45,3	6,3	8,8	8,2
Коми, Корткеросский	61°41'	58,0	7,6	8,8	12,8
Череповецкий лесхоз Вологодской области (59°15' с.ш., 37°57' в.д.), 24-летние культуры					
Архангельская, Плесецкий	62°54'	86,2	7,2	7,6	13,3
Карелия, Медвежьегорский	62°54'	75,5	7,5	8,0	13,5
Карелия, Сортавальский	62°54'	78,7	8,2	8,9	19,0
Вологодская, Тотемский	60°00'	78,8	8,5	9,0	20,1
Вологодская, Череповецкий	59°15'	73,2	9,0	9,7	22,9

* Номенклатура лесохозяйственных предприятий приведена согласно государственному реестру географических культур.

**Запас древесины в коре на корню в расчете на 1000 высаженных растений с учетом числа прижившихся.

Рассматривая интервенцию инорайонных семян на север, необходимо помнить, что именно на территории Европейского Севера сосредоточен наиболее ценный генофонд лесов, определяемый запасом накопленной изменчивости краевых популяций [4, 7, 20], которые должны стать рефугиумами современных лесов – базой для естественного расселения в случае утраты лесов южных регионов в период глобального потепления. Массовые поставки инорайонных семян, как правило, более южного происхождения, нарушат гомеостаз северных популяций и вызовут «загрязнение» генофонда.

Привлечение инорайонных семян для лесовосстановления хвойных пород на Европейский Север обусловлено скорее коммерческими и социальными причинами, чем потребностью избежать негативных ответных реакций лесобразующих видов. Интервенция южных семян сосны, ели, лиственницы должна вестись обоснованно, с учетом региональных особенностей климатических изменений, потенциальной реакции вида на потепление и перспектив сохранения биоразнообразия на планете. Учитывая нестабильность климатических изменений на Европейском Севере в настоящее время и необходимость сохранения генетического фонда уникальных лесов региона, расширение границ поставок инорайонных семян считаем преждевременным. Для лесовосстановительных работ в осуществляемых объемах создания лесных культур вполне возможна заготовка местных семян и дополнение поставок семян согласно действующему Лесосеменному районированию [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные изменения климата. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 406 с.
2. Будыко М.И. Климат конца XX века // Метеорология и гидрология. 1988. № 10. С. 5–24.
3. Географические культуры в ген-экологических исследованиях на Европейском Севере / Е.Н. Наквасина [и др.]. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2008. 307 с.
4. Гертих М. Генетическая ценность местной сосны обыкновенной // Лесная генетика, селекция и физиология древесных растений: материалы Междунар. симпозиума. 25–30 сент. 1989 г., Воронеж. М., 1989. С. 24–28.
5. Изменение климата. Обзор состояния и тенденций изменения климата России / Г.В. Груда [и др.]. М.: Институт глобального климата и экологии, 2005. 20 с.
6. Изменение климата. Общий доклад: доклад МГЭИК. Вклад рабочих групп 1, 2, 3 в Четвертый доклад об оценке МГЭИК / Под ред. Р.К. Пачаури [и др.]. Женева, Швейцария, 2007. 104 с.
7. Кашкаров Е.П., Поморцев О.А. Глобальное потепление климата: ритмическая основа прогноза и ее практическое значение в охране лесов северного полушария // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. XXIV, № 2-3. С. 207–216.
8. Климатические изменения и их оценки с использованием глобальной модели ИФА РАН / И.И. Мохов [и др.] // Докл. РАН. 2005. Т. 402, № 2. С. 243–247.
9. Климат России в XXI веке. Часть 1. Новые свидетельства антропогенного изменения климата и современные возможности его расчета / В.П. Мелешко [и др.] // Метеорология и гидрология. 2008. № 6. С. 5–19.

10. *Коллин Г.Е.* Возможная реакция лесообразовательного процесса на грядущие изменения климата // Лесоведение. 1996. № 5. С. 34–41.
11. Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 366 с.
12. *Мохов И.И., Карпенко А.А., Стотт П.А.* Наибольшие скорости регионального потепления климата в последние десятилетия с оценкой роли естественных и антропогенных причин // Докл. РАН. 2006. Т. 406, № 4. С. 1–4.
13. *Наквасина Е.Н.* Географические культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) как природная модель имитации климатических изменений // Вестн. Помор. ун-та. 2003. Вып. 2, Т. 4. С. 48–53.
14. *Наквасина Е.Н.* Модель роста молодняков сосны обыкновенной на ожидаемое потепление климата // Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы междунар. конф. «Экология северных территорий России». Т.1. Архангельск: ИЭПС, 2002. С. 358–363.
15. *Наквасина Е.Н.* Прогноз реакции роста и формирования генеративной сферы сосны обыкновенной в связи с изменениями климата // Поморье в Баренц-регионе на рубеже веков: экология, экономика, культура: материалы междунар. конф. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2000. С. 163.
16. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М.* Особенности проявления современного глобального потепления климата в различных регионах Северного полушария в последние десятилетия // Вестн. Удмурд. ун-та. 2008. Вып. 2. С. 23–14.
17. Прогноз влияния изменений климата на бореальные леса России / Н.А. Завельская, Н.В. Зукерт, Е.Ю. Полякова, А.А. Пряжников // Лесоведение. 1993. № 3. С. 16–24.
18. *Семенов С.М.* Парниковые газы и современный климат Земли М.: Изд. центр «Метеорология и гидрология», 2004. 175 с.
19. *Семенов С.М., Ясюкович В.В., Гельвер Е.С.* Выявление климатических изменений. М.: Изд. центр «Метеорология и гидрология», 2006. 325 с.
20. *Федорков А.Л.* Адаптация хвойных пород к бореальному климату Северной Европы // Лесоведение. № 3. 2007. С. 46–51.
21. *Цветков В.Ф., Чибисов Г.А.* Проблемы лесоведения на Европейском Севере // Лесоведение. 1993. № 5. С. 11–18.
22. Четвертое национальное сообщение Российской Федерации / Под ред. Ю.А. Израэля [и др.]. М.: АНО «Метеоагентство Росгидромета», 2006. 164 с.
23. *Шварцман Ю.Г.* Изменения климата и их ожидаемые последствия на Европейском Севере // Вестн. Помор. ун-та. Сер.: Естеств. и точные науки. 2001. № 1 (2). С. 10–17.
24. Genetic variation in cessation of growth and frost hardiness and consequences for adaptation of *Pinus sylvestris* to climatic changes / O. Savolainen [et al.] // Forest Ecology and Management. 2004. № 197. P. 79–89.
25. *Lindgren D., Persson A.* Vitalization of results from provenance tests // Caring for the Forest: Research in a Changing World: Poster Abstracts IUFRO XX World Congress, 6–12 august 1995. Tampere, Finland, 1995. P. 249.
26. *Luomajoki A.* Climatic adaptation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Finland based on male flowering phenology // Acta forest fennica. 1993. 237. P. 1–27.

Поступила 20.10.11

E.N. Nakvasina, A.I. Barabin

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Practical use of Climate Change Forecasts for Forest Seed Growing in the European North

The article considers regional characteristics of climate change forecasts and possibility of their record when using seeds for reforestation in the European North. The authors substantiate the necessity of protecting the genetic fund of unique forests in the region and find that it is too early to increase the use of seeds from other regions.

Key words: climate change, forecast, seed introduction, forest seed growing, reforestation.
