

УДК 574.24(470.62)

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫСОТНОГО АРЕАЛА ПИХТЫ НОРДМАНА НА ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ (БАССЕЙН Р. БЕЛАЯ) В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

© 2013 г. В.В. Акатов*, П.В. Акатов**, С.В. Майоров*

*Майкопский государственный технологический университет,

**Адыгейский государственный университет

Поступила в редакцию 27.03.2012 г.

На основе анализа возрастной структуры популяций определена тенденция изменения верхней и нижней границ распространения пихты Нордмана (*Abies nordmanniana*) в бассейне реки Белая (Западный Кавказ) в связи с потеплением климата. Результаты свидетельствуют, что климатические перемены пока не привели к изменению высотного ареала этого вида в районе исследований, но создали предпосылки к его отступлению на верхних и нижних пределах.

Введение. В последние годы в связи с глобальным изменением климата возросло внимание к вопросу смещения в горах и в полярных областях границ распространения видов растений, в том числе древесных. Обычно рассматриваются верхний или северный пределы произрастания древесных пород [9, 13, 22, 29, 41, 43, 44, 48, 51, 55]. Анализ изменения их нижних (южных) или одновременно нижних и верхних (южных и северных) рубежей встречается гораздо реже [40, 54, 56]. По мнению [56], классическим примером таких изменений является смещение вверх в течение последних 50 лет, пояса буковых лесов в северо-западной Испании. На нижнем пределе этих сообществ летнезеленый *Fagus sylvatica* замещается вечнозеленым *Quercus ilex*. С другой стороны бук поднимается выше в горы, захватывая пустоши с *Calluna vulgaris* (Penuelas, Boada, 2003 – цит. по: [56]). Аналогичные процессы были выявлены в Центральной Сибири, где проникновение в лесотундру лиственницы сопровождается ее вытеснением с юга и запада сосной сибирской, елью и пихтой, характерными для средней и южной тайги [40].

Кавказ расположен на границе умеренного и субтропического поясов, умеренно влажного Европейского и сухого Азиатского регионов, и поэтому характеризуется крайне разнообразными климатическими условиями [5]. Такое положение делает его весьма чувствительным к глобальным изменениям климата. Имеются факты, подтверждающие это предположение. Как показал анализ

метеоданных, в последние два десятилетия (с начала 90-х годов прошлого века) на разных высотах обоих макросклонов Западного Кавказа наблюдалось повышение средней годовой температуры [17, 19, 24, 27, 31, 45], сопровождаемое ростом количества осадков, преимущественно в высокогорной зоне, и увеличением мощности снежного покрова [19, 26, 27, 34, 45]. Данные по климату подкрепляются некоторыми фактами изменений в растительных сообществах, в том числе и лесных. Так, в Тебердинском и Кавказском заповедниках выявлено ускорение в наступлении весенних сроков сезонного развития некоторых древесных видов растений [24, 31]. В Кавказском заповеднике зафиксирован небольшой (на 5–7 м по склону за последние 30 лет) подъем верхней границы леса и более существенное (на некоторых горных массивах) повышение верхнего предела распространения ряда широколиственных видов деревьев – *Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Ulmus glabra* [1, 2]. Однако о том, что происходит на нижних границах произрастания древесных видов и как это соотносится с состоянием их популяций на верхних рубежах, информация отсутствует.

В настоящей публикации сделана попытка частично восполнить этот пробел на примере одного из эдификаторов лесных фитоценозов Западного Кавказа – пихты кавказской или Нордмана – *Abies nordmanniana*. В последние десятилетия состояние этого вида в регионе вызывает беспокойство из-за периодического усыхания его древостоев на обширных территориях в результате бактери-

альных заболеваний [8, 10, 42]. Цель исследования – оценка современного состояния популяций и определение тенденции изменения высотного ареала пихты Нордмана в бассейне р. Белая на верхнем и нижнем пределах ее распространения.

Объект и методы исследований. Оптимальные условия произрастания *пихты* характеризуются холодной зимой с продолжительным и устойчивым снежным покровом и морозами, относительно коротким и прохладным летом. Средняя температура января находится в пределах от -4 до -5° , июля – около 15° , средняя годовая температура – $5-7^\circ$, количество осадков $1800-2500$ мм [4, 32]. Предельные условия произрастания пихты Нордмана следующие: средняя температура января колеблется от 1 до -7° , июля – от 13 до 19° , средняя годовая – от 3.5 до 10° . Продолжительность вегетационного периода составляет три-четыре месяца, количество осадков от 700 до 2500 мм, влажность воздуха от 71 до 81% [12, 15, 19, 32]. Биоэкологические особенности этого вида определяют область его распространения. Пихта кавказская произрастает в горных районах наиболее влажной западной части Большого Кавказа, а также на Аджаро-Имеретинском и Триалетском хребтах Малого Кавказа, Понтийском хребте в Турции и приурочена в основном к высотам от 700 до 1800 м над ур. м., местами опускаясь до 500 и поднимаясь до 2200 м над ур. м. На северном макросклоне Большого Кавказа она начинает встречаться с бассейна реки Афипс, достигает максимального участия в древостоях в бассейнах рек Пшеха, Белая и Лаба, резко сокращает площадь произрастания восточнее р. Уруп и практически исчезает к востоку от водораздела Теберда – Доут [4, 15, 32]. Нижняя граница распространения пихты снижается на более влажном западе и поднимается на востоке, причем разность высот между бассейнами рек Пшеха и Теберда составляет около 700 м. Верхняя граница этого вида также поднимается с запада на восток, но в меньшей степени, чем нижняя – на $150-200$ м [32].

Характер современных изменений высотного ареала пихты в бассейне р. Белая оценивали путем анализа возрастной структуры популяций этого вида на нижнем и верхнем пределах его распространения. Этот метод основывается на представлении о большей уязвимости семян и подростов по сравнению со взрослыми деревьями к неблагоприятным воздействиям среды и широко используется для решения подобного рода задач [3, 9, 39–41, 47, 49–51, 53, 57]

В частности, одним из вариантов такого метода является тест, предложенный Leas и Craber [53] для определения направления и скорости миграции древесных растений, в том числе и на горных склонах. Суть его заключается в определении максимального и минимального возрастов экземпляров того или иного вида на разных участках высотного профиля. Если в нижней части профиля, расположенного ниже верхней границы распространения вида, разрыв в возрасте между самыми старыми и самыми молодыми экземплярами большой и при движении вверх по склону этот разрыв уменьшается за счет снижения максимального возраста, то это означает, что вид продвигается выше в горы, заселяя новые территории (первый сценарий). Если же по мере движения вверх по склону разрыв в возрасте особей сокращается за счет увеличения минимального возраста, то это свидетельствует о прекращении процессов возобновления в верхней части профиля и отступлении вида (второй сценарий). В том случае, если вид не мигрирует, разница между максимальным и минимальным возрастными особями на разных участках профиля должна быть примерно одинаковой (третий сценарий). Следует отметить, однако, что для получения более объективных представлений о тенденциях изменения границ распространения видов желательно анализировать не только предельные значения возраста особей, но и соотношение числа особей в разных возрастных группах [13, 29, 41, 46, 47].

Сбор фактического материала осуществлялся в бассейне р. Белая, который характеризуется значительной площадью лесов с доминированием или содоминированием пихты (в буково-пихтовых сообществах) [32]. Были заложены два высотных профиля – на верхнем и нижнем пределах распространения этого вида. Верхний профиль был заложен на северном склоне г. Абаго в интервале высот от 1840 до 2030 м над ур. м. Его длина по прямой составила 1.25 км, координаты верхней точки произрастания пихты – 2024 м над ур. м., $43^\circ 55.334'$ с.ш., $40^\circ 09.066'$ в.д. Высота 2030 м соответствует верхней границе леса, которая на этом участке была представлена березовым криволесьем с доминированием в древесном ярусе *Betula litwinowii* и участием *Acer trautvetteri*, *Fagus orientalis*, *Sorbus aucuparia*, *Salix caprea*. Ниже 1840 м березняк сменяется субальпийским буково-пихтарником. В районе исследований для указанного интервала высот характерен влажный прохладный климат с годовой суммой осадков около 2000 мм, средней температурой июля около 13°C , и января около -7° [19, 20].

Для изучения состояния популяции *gb[ns* на нижнем пределе распространения этого вида были обследованы прирусловые (то есть расположенные на террасах и прирусловых склонах) леса р. Белая в интервале высот от 450 до 700 м над ур. м. Длина этого профиля по прямой составила 19,5 км, координаты нижней точки нахождения пихты – 497 м над ур. м, 44°11.358' с.ш., 40°09.926' в.д. Выше 660 м леса представлены буково-пихтовыми сообществами с участием в древесном ярусе *Carpinus betulus*, *Acer platanoides*, *A. campestre*, *Alnus glutinosa* и др. В интервале высот 640–660 м расположено буковое сообщество со значительным участием в древостое пихты кавказской; ниже 640 м вплоть до нижней границы обследованного участка (450 м) – буковые, буково-грабовые и грабовые леса с участием *Quercus petrae*, *Ulmus glabra*, *Acer campestre*, *Pyrus caucasica* и др. В районе исследований для данного высотного интервала характерны годовая сумма осадков около 1000 мм, средняя температура июля около 20°, января около –2° [20]. Информация о составе и структуре лесных сообществ района исследований имеется в работах А.Я. Орлова [32, 33], И.А. Грудзинской [14], К.Ю. Голгофской [6, 7], М.В. Придни [36], А.А. Французова [38].

Описание деревьев пихты (их диаметра и возраста) выполняли вдоль профилей, заложенных от верхней или нижней границ распространения этого вида вниз по склону или вверх по р. Белая. На обоих профилях сбор фактического материала производили с использованием двух подходов: 1) ближе к высотному пределу оценивали все экземпляры пихты, обнаруженные справа и слева от линии профиля в пределах полосы около 50 м шириной (верхние участки) или при сплошном обследовании прирусловых лесов (нижний участок); 2) там, где этот вид характеризовался значительным участием в древостоях, диаметр и возраст деревьев оценивали на пробных площадках разного размера (300–1200 м), но включающих не менее 30 их экземпляров. На верхнем участке (г. Абаго) было заложено 7 таких площадок (на высотах 1803, 1810, 1825, 1840, 1870, 1900 и 1930 м над ур. м), на нижнем (вдоль русла р. Белая) – 3 (678, 650 и 642 м). Высота над уровнем моря и географические координаты расположения площадок, а также групп или отдельных особей пихты определяли с помощью GPS-приемника.

Определение возраста деревьев проводили по кольцам годичного прироста на поперечных спилах на высоте корневой шейки или по буровым кернам, взятым из стволов на высоте около 15 см от поверхности земли [23]. Спилы отбирали преимущественно у особей с диаметром ствола ме-

нее 4 см, буровые керны у более крупных особей. Поскольку керны отбирали выше корневой шейки, к возрасту, определенному по годичным кольцам, прибавляли возраст подростка пихты высотой около 15 см, который для большинства модельных экземпляров на обоих участках составил 6 лет. Если керны не достигали центра ствола, то возраст дерева определяли приближенно расчетным способом с учетом неоднородности ширины годичных колец в различные периоды жизни дерева [23].

На верхнем профиле диаметр ствола (у основания) был измерен для 291 дерева пихты, возраст определен для 42 деревьев, на нижнем – для 179 и 118 деревьев соответственно. В связи с тем, что на верхнем профиле работа выполнялась на территории Кавказского заповедника, было отобрано ограниченное количество образцов – 42, в том числе 13 спилов. При этом на каждом высотном уровне образцы отбирали у деревьев с разным диаметром. На нижнем участке керны были отобраны с 90% описанных деревьев, имеющих диаметр ствола более 4 см, спилов – с 50% меньших по размеру зарегистрированных особей. Для остальных деревьев верхнего и нижнего профилей возраст был определен на основе регрессионных моделей “диаметр–возраст”, построенных для четырех высотных интервалов – по два на каждый профиль. Поскольку возраст большинства деревьев был оценен приблизительно, при анализе возрастной структуры популяций они были объединены в крупные возрастные группы – с шагом в 20 лет.

Для определения характера изменения плотности популяций и степени участия пихты в древостое вдоль высотного градиента от нижнего до верхнего предела распространения этого вида использовались 33 описания древесного яруса лесных фитоценозов, выполненные в течение 2005–2011 годов в бассейне р. Белая в пределах высот от 450 до 2030 м над ур. м. Описания выполняли на участках площадью около гектара. В пределах каждого такого участка регулярным способом были заложены 10 пробных площадок размером 15×20 м. На каждой площадке были пересчитаны все деревья с диаметром ствола на уровне груди более 6 см. В качестве показателя плотности популяций пихты использовали число ее деревьев с таким диаметром на площади 0,3 га. Степень участия пихты в сложении древесного яруса лесных фитоценозов оценивали через долю числа стволов этого вида на 0,3 га от общего числа стволов на этой площади.

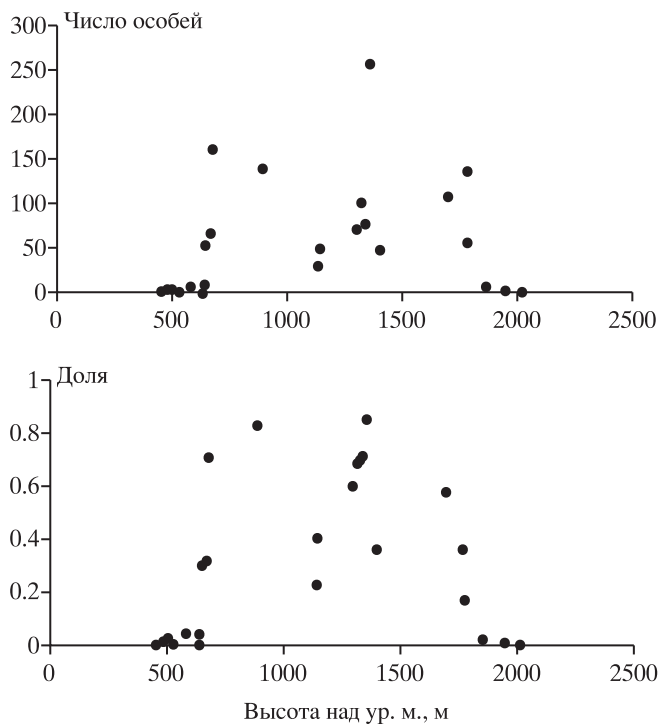


Рис. 1. Изменение плотности особей *Abies nordmanniana* (число деревьев с диаметром ствола на уровне груди более 6 см на 0.3 га) и степени участия этого вида в древостоях (в долях от общего числа деревьев всех видов на 0.3 га) вдоль высотного градиента.

Анализ фактического материала проводили с использованием методов простого и множественного корреляционно-регрессионного анализов. Последний позволяет оценить суммарный вклад нескольких факторов в варьирование зависимой переменной, а также относительное влияние каждого из этих факторов на зависимую величину, абстрагируясь от связи вариации каждого из факторов с вариацией остальных факторов [16]. Относительный вклад каждого фактора в предсказание зависимой переменной оценивали на основе стандартизованного коэффициента регрессии ($Beta$) и коэффициента раздельной детерминации (d^2 – равен произведению парного коэффициента корреляции определенного фактора на его $Beta$ -коэффициент). Расчеты проводили с использованием программ Microsoft Excel и Statistica 6.0.

Результаты. Результаты анализа представлены на рис. 1–3 и в таблицах 1–3. На рис. 1 и 2 показано изменение плотности популяций, степени участия в древостое и размера (диаметра) деревьев пихты вдоль высотного градиента. Как видно из рис.1, в районе исследования пихта Нордмана произрастает в интервале высот примерно от 500 до 2000 м над ур. м. Максимальная плотность и степень участия этого вида в древостое были выявлены на площадке, расположенной на высоте 1360 м (255 деревьев с диаметром ствола на уровне груди более 6 см на 0.3 га, степень участия в древостое – 0.85), однако на большей части

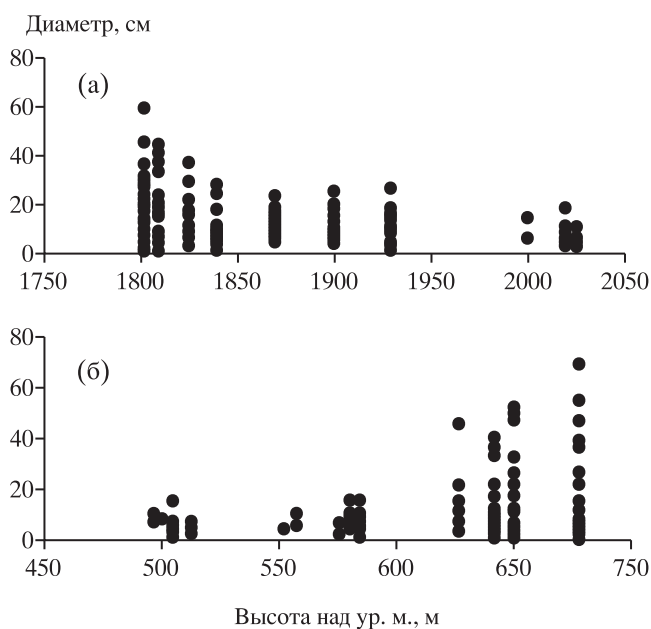


Рис. 2. Изменение диаметра стволов *Abies nordmanniana* вдоль высотных профилей на верхнем (а) и нижнем (б) пределах распространения этого вида.

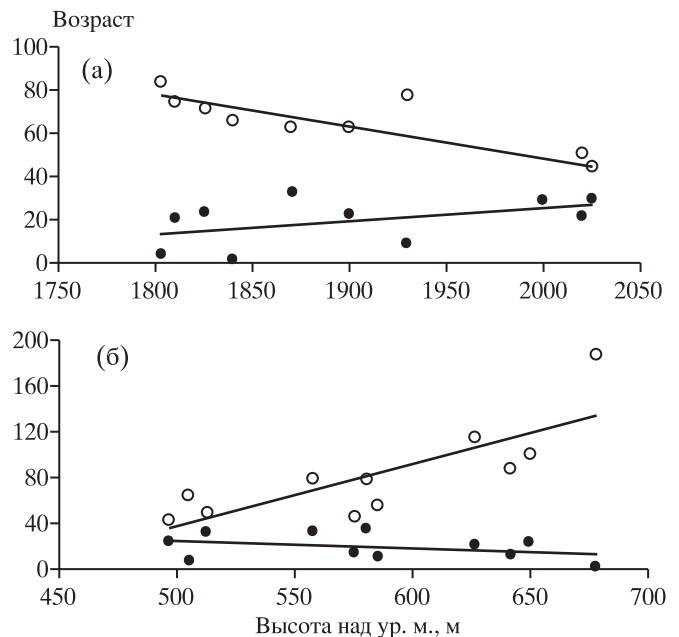


Рис. 3. Изменения максимального (светлые кружки) и минимального (темные) возраста особей *Abies nordmanniana* вдоль высотных профилей на верхнем (а) и нижнем (б) пределах распространения этого вида.

его высотного ареала плотность варьирует от 50 до 150 особей, а степень участия – от 0.6 до 0.8. Крайние высотные пределы, на которых зафиксирована плотность пихты более 150 особей и она является доминантом (степень участия – 0.6–0.7), составили 680 и 1800 м. Выше и ниже этих рубежей плотность, а соответственно, и роль этого вида в формировании древесного яруса лесных сообществ, стремительно падают и уже на высотах 600 и 1900 м достигают минимальных значений. Крайние пределы распространения этого вида зафиксированы на уровне 497 и 2024 м над ур. м, что примерно на 200 м ниже или выше границы расположения древостоев, в которых пихта выступает в качестве доминанта или содоминанта.

На рис. 2 видно, что при приближении как к верхней, так и к нижней границам распространения пихты, снижаются не только плотность, участие в сложении древостоя, но и максимальный размер (диаметр) деревьев этого вида: на верхнем профиле коэффициент корреляции Пирсона (r) между высотой над уровнем моря и максимальным диаметром стволов равен -0.904 , $n = 9$, $P < 0.001$; на нижнем – $r = -0.863$, $n = 9$, $P < 0.01$. Для оценки относительной роли высоты над уровнем моря и возраста в определении среднего диаметра стволов пихты на высотных профилях использовали метод множественного корреляционно-регрессионного анализа. При этом анализировали только особи, возраст которых был определен на основе подсчета годичных колец на кернах или спилах. Как видно из табл. 1, вклад высоты над уровнем моря и соответственно связанных с ней условий произрастания в определении среднего диаметра стволов пихты на обоих профилях близок к нулю. Таким образом, варьирование диаметра стволов на высотных профилях в основном определяется варьированием возраста деревьев.

Таблица 1. Вклад высоты над уровнем моря и возраста деревьев в определение диаметра стволов *Abies nordmanniana* на верхнем и нижнем профилях

Профиль	n	Высота над ур. м		Возраст		Оба фактора	
		$Beta$	d^2	$Beta$	d^2	R	R^2
Верхний	42	-0.108	0.018	<u>0.797</u>	0.641	<u>0.812</u>	0.659
Нижний	118	-0.010	-0.002	<u>0.711</u>	0.504	<u>0.708</u>	0.502

Примечание. R – коэффициент множественной корреляции; R^2 – коэффициент множественной детерминации; $Beta$ – стандартизированный коэффициент регрессии (standart regression coefficient); d^2 – коэффициент раздельной детерминации; подчеркнуты статистически значимые (для 5% и более высокого уровня) значения параметров R и $Beta$.

Таблица 2. Соотношение между высотой над уровнем моря, максимальным и минимальным возрастом деревьев *Abies nordmanniana*

Профиль	Возраст	n	r	R^2	P
Верхний	максимальный	10	-0.813	0.661	>0.05
	минимальный	10	0.464	0.215	
Нижний	максимальный	11	0.792	0.628	>0.01
	минимальный	11	-0.351	0.123	

Примечание. r – коэффициент корреляции Пирсона, R^2 – коэффициент детерминации, P – уровень значимости.

На рис. 3а и в табл. 2 показано соотношение между высотой над уровнем моря, максимальным и минимальным возрастом пихты на верхнем профиле. Из него следует, что с увеличением высоты над уровнем моря и при приближении к верхней границе произрастания этого вида происходит снижение максимального возраста его особей примерно с 80 до 50 лет и увеличение минималь-

Таблица 3. Возрастная структура популяций *Abies nordmanniana* на верхнем и нижнем пределах распространения

Интервал высот (м над. ур. м.)	Число особей	Классы возраста					
		1–20	21–40	41–60	61–80	81–100	>100
Доля особей в возрастном классе (%) (верхний профиль)							
1951–2025	20	–	75.0	25.0	–	–	–
1851–1950	119	3.4	41.2	51.2	4.2	–	–
1800–1850	152	10.5	44.1	31.6	13.2	0.6	–
Доля особей в возрастном классе (%) (нижний профиль)							
651–700	55	9.0	14.5	52.7	1.8	3.6	18.2
601–650	70	5.7	47.5	20.0	15.7	8.6	2.9
551–600	23	17.0	26.0	43.4	13.0	–	–
451–550	27	14.7	58.9	22.2	3.7	–	–

ного возраста с 10 до 30 лет. То есть фактическая ситуация на этом профиле включает элементы первого и третьего сценариев Leas и Craber [53], что может свидетельствовать, с одной стороны, о подъеме вверх границы распространения пихты в прошлом, а с другой – о наличии предпосылок для ее снижения в будущем. Данные табл. 2, позволяют расширить представление о высотных изменениях возрастной структуры ее популяций. Так, из этой таблицы следует, что наибольшее число особей пихты на всех высотных уровнях включает поколение возрастом от 20 до 60 лет (то есть сформированное с 1950 по 1990 гг). Его доля в популяциях на высоте 1800–1850 м составляет 75.7%, 1850–1950 м – 92.4%, 2000–2025 м – 100%, то есть она увеличивается с высотой и на самом верхнем высотном уровне это поколение является единственным. Отметим также, что внутри него наибольшее число особей (60%) имеет возраст от 35 до 45 лет.

Из материалов рис. 3б и табл. 2 следует, что на нижнем профиле с падением высоты над уровнем моря происходит снижение максимального возраста этого вида примерно со 180 до 60–40 лет, которое сочетается с относительной стабильностью его минимального возраста, что соответствует первому сценарию Leas и Craber [53]. Как видно из таблицы, наибольшее число особей пихты на всех высотных уровнях включает поколение, сформированное с 1950 по 1990 годы, хотя его доля в популяциях не столь значительна, как на верхнем участке и менее существенно варьирует с высотой: от 67.2% на высоте 650–700 м до 81.1% на высоте 450–550 м. Доля особей с возрастом 1–20 лет на нижней части профиля даже несколько выше, чем на верхней, хотя абсолютное число особей с таким возрастом очень мало – 4–5 на участках прирусловых лесов длиной в несколько километров. На всех высотных уровнях присутствуют особи с возрастом 61–80 лет, однако их доля в популяциях невелика и мало меняется со снижением высоты. Значительное число деревьев с возрастом более 100 лет зафиксировано лишь на самой верхней площадке (678 м над ур.м).

Обсуждение. Полученные данные показывают, что несмотря на некоторые особенности состояние пихты на верхней и нижней границах распространения этого вида, так же как и на некотором удалении от этих рубежей, оказывается весьма сходным. Так, 1) крайние пределы распространения пихты Нордмана примерно на 200 м ниже или выше границы расположения древостоев, в которых пихта выступает в качестве доминанта или содоминанта; 2) на обоих профилях именно возраст, а не связанные с высотой над уровнем

моря условия произрастания, определяет диаметр стволов пихты; 3) на обоих профилях по мере приближения к высотной границе распространения вида максимальный возраст особей снижается и у самого предела составляет 50–60 лет; 4) вблизи верхнего и нижнего пределов распространения поколение пихты возрастом до 20 и более 60 лет либо представлено небольшим числом экземпляров, либо вообще отсутствует, а соответственно, на обоих рубежах подавляющее число особей этого вида имеют возраст от 20 до 60 лет. Таким образом, на обоих профилях характер изменения возрастной структуры популяций пихты не соответствует полностью ни одному из сценариев Leas и Craber [53], поскольку имеются одновременно признаки расширения высотного ареала этого вида в прошлом, стабильности в последние десятилетия и сокращения в будущем.

В период с 1946 по 1949 гг. А.Я. Орловым в составе Кавказской комплексной экспедиции Института леса АН СССР, были проведены исследования темнохвойных лесов Северного Кавказа, в том числе и в пределах бассейна р. Белая. Результаты этих исследований были изложены в его монографии [32], которая содержит, в том числе, и некоторую информацию о состоянии популяций пихты на верхнем и нижнем пределах ее распространения на момент исследования.

Так, А.Я. Орлов отмечает, что по мере приближения к верхней границе леса происходит очень резкое падение производительности древостоев пихты. Обычно выше на 100 м от полосы сомкнутых пихтарников встречаются только отдельные низкорослые экземпляры пихты. Всходов и мелкого подроста очень мало – на некоторых участках трудно найти хотя бы один экземпляр подроста высотой менее 0.3 м. Крупного подроста пихты (0.5–0.8 м) иногда даже больше, чем в сомкнутых пихтарниках, однако этого недостаточно для нормального хода возобновительных процессов. Последние особи этого вида встречаются еще на 100 м выше. Их прирост по диаметру довольно значительный, но возраст сравнительно не велик – до 80 лет [32].

Нижняя граница сомкнутых буково-пихтовых лесов в бассейне р. Белая находилась в конце 40-х годов прошлого века на высоте около 700 м над ур. м, а с высоты 850–950 м они преобладали на склонах всех экспозиций. Ниже 700 м в переходной полосе между смешанными лесами из пихты и бука и чистыми буковыми лесами состояние пихты было плохое. Высота большинства деревьев составляла 12–18 м и, по-видимому, они отмирали, не достигнув первого яруса. Отдельные

экземпляры пихтового подростка встречались в чистых буковых лесах на 100–150 м ниже взрослых пихт, то есть примерно на высоте 500–550 м над ур. м. Их возраст не превышал 20–30 лет [32].

По мнению А.Я. Орлова, верхняя граница распространения пихты в значительной мере зависит от скопления снега зимой [32]. Его длительное стаивание весной ведет к сокращению вегетационного периода и оказывает негативное влияние на развитие подростка. Кроме того, движущиеся по склону большие массы снега способны выламывать непластичные стволы хвойных деревьев по достижении ими высоты 2–4 м. Препятствием к продвижению пихты выше в горы могут служить также сильные зимние ветры и морозы, вызывающие повреждение и отмирание побегов [4, 32].

Проникновению пихты в низкогорные районы мешают, по-видимому, высокие летние температуры, теплые зимы и недостаточное количество осадков [4, 15, 32]. По данным А.Я. Орлова, в поясе буковых лесов в стволах пихты рано развивается сердцевинная гниль, в результате чего спелые, еще не перестойные деревья иногда обламываются [32]. В работе С.М. Бебия описан опыт выращивания пихты в условиях влажного и теплого климата г. Сухуми [4]. Дерево дожило до 85 лет, причем, до 60 лет оно росло интенсивно, плодоносило и давало полноценные семена, однако, при этом, имело рыхлую древесину. Затем прирост стал снижаться и оно погибло. В соответствии с другим опытом, на участке Абхазской лесной опытной станции в г. Очамчира на высоте 12 м над ур. м. было высажено 150 саженцев пихты. До 20-летнего возраста они росли нормально, но затем стали высыхать. До 38 лет дожило только 7 экземпляров, которые имели плохое жизненное состояние [4].

Сопоставление результатов исследований с данными, представленными в работах А.Я. Орлова и С.М. Бебия [4, 32], позволяет уточнить сформулированные выше предположения о динамических тенденциях пихты на границах высотного ареала. Например, из него следует, что верхняя граница пихты в районе исследований, как во второй половине 40-х годов прошлого века, так и в настоящее время расположена выше сомкнутых буково-пихтовых древостоев примерно на 200 м по вертикали и представлена деревьями с максимальным возрастом 50–80 лет. Это позволяет предположить, что данный рубеж оставался стабильным в течение более чем 100 лет, а также, что в течение всего этого периода, благодаря, по-

видимому, нарушающему воздействию снежного покрова, сильным ветрам и морозам, максимальный возраст деревьев, скорее всего, существенно не изменялся.

Из сопоставления результатов с данными А.Я. Орлова также следует, что на верхней границе распространения пихты, как в 40-е годы прошлого века, так и в настоящее время, практически отсутствует подрост этого вида моложе 20 лет [32]. Возможно, это связано с увеличением высоты снежного покрова в периоды потепления климата и, соответственно, с сокращением периода вегетации [32]. К сожалению, из-за малого числа метеостанций в среднегорном и высокогорном лесных поясах Западного Кавказа, данное предположение трудно проверить, особенно учитывая очень неравномерное распределение в этом регионе осадков, в том числе и твердых [18]. Кроме того, предположение, что следствием увеличения высоты снежного покрова при потеплении климата может стать сокращение вегетационного периода растений не подтверждается фактами. Так, на высокогорной метеостанции Кавказского заповедника “Джуга” (2041 м над ур. м), расположенной на 24 км восточнее г. Абаго, за период наблюдений с 1985 по 2005 гг. выявлено увеличение средней и максимальной высоты снега на 17–35 см, но при этом сокращение длительности его залегания на восемь суток [19]. По прогнозу В.Д. Панова (2000), такая тенденция на Западном Кавказе продолжится и в будущем – ожидается, что на высоте более 2000 м к 2050 г. толщина снега увеличится на 20–25%, а продолжительность его залегания уменьшится на 10–15% [34]. Поэтому, более правильными могут оказаться другие объяснения отсутствия мелкого подростка, например, увеличение продолжительности сухих периодов в теплое время года в сочетании с высокой температурой воздуха. Так, результаты анализа метеоданных показывают, что увеличение количества осадков на Западном Кавказе за последние десятилетия происходило одновременно с уменьшением числа дней с осадками [27]. По [31], с 1990 по 2000 гг. наличие засушливых летних периодов в Тебердинском заповеднике стало нормой. Особенно ярко это проявилось в 1998–2000 годах, когда в разгар летнего сезона отмечались весьма значительные повышения температуры при практически полном отсутствии дождей. На метеостанции Кавказского заповедника “Джуга” (2041 м) такая ситуация была зарегистрирована в 1984, 1994, 1999, 2000 и 2001 гг. [19]. Предложенное объяснение согласуется с результатами изучения радиального прироста стволов пихты на ее высотных рубежах [11]. Они свидетельствуют о

том, что значения этого показателя определяются не столько температурой воздуха, сколько количеством осадков. Близкие результаты были получены в Центральной Азии по другой хвойной породе – ели Шренка [37]. На сходные проблемы с возобновлением у *Abies lasiocarpa* и *Picea engelmannii* на верхней границе их распространения в Скалистых горах (национальный парк “Колорадо”) обратили внимание Holtmeier и Broll [49]. Оно было значительным в относительно теплые и снежные 1940–1970-е годы, однако в 1990-е годы, после сухого периода, авторы нашли лишь единичные экземпляры 10–20-летнего подроста. Они делают вывод, что процессы возобновления этих видов на верхней границе их распространения более чувствительны к изменению влажности климата, чем к его потеплению [49].

Нижняя граница распространения пихты в районе исследований оставалась стабильной, по крайней мере, в течение последних 40–60 лет. Возможно, что отсутствие вблизи этой границы деревьев с более значительным возрастом связано с их отмиранием в результате заболеваний или физиологических нарушений [4, 32]. Однако эти факторы, как было показано выше, не могут быть причиной малочисленности подроста с возрастом до 20 лет на нижней границе. Возможно, это связано с периодичностью плодоношения пихты и высокой смертностью особей в самые первые годы жизни. Так, в искусственных насаждениях пихта кавказская начинает плодоносить примерно с 70 лет [25]. Данное обстоятельство, учитывая, что не многие особи достигают этого возраста в пессимальных условиях нижнегорья, может существенно ограничивать поступление семян на участки. В качестве еще одной причины этого явления можно назвать уже упомянутое ранее увеличение в регионе частоты летних засух. Низкая влажность воздуха и почвы в сочетании с высокими температурами, возможно, оказали существенное негативное воздействие, как на семенную продуктивность взрослых пихт, так и на прорастание семян и выживание всходов.

Учитывая, что самым многочисленным на обоих высотных рубежах является поколение пихты возрастом от 20 до 60 лет, можно заключить, что наиболее благоприятными для возобновления этого вида были 40 лет (с 1950 по 1990 годы). Имеются данные, что, несмотря на потепление климата в эти годы во многих регионах мира, на большей части Западного Кавказа оно практически не проявилось, и этот период был относительно прохладным [24, 35, 45], по крайней мере, в летние месяцы [34]. В частности, об этом свидетельствуют данные по метеостанции “Теберда”

(1300 м над ур. м), имеющей ряд наблюдений с 1933 г. Из них следует, что температура воздуха в ее окрестностях за теплый период года (май–сентябрь) была выше средней с 1933 до 1940 годы и после 1986 г., преимущественно ниже – с 1941 по 1985 годы [34].

Таким образом, полученные результаты показывают, что изменения климата после 1990 г. пока не привели к изменению высотного ареала пихты в районе исследований, но создали предпосылки к его сокращению в будущем, причем, как на верхнем, так и на нижнем рубежах. Можно также предположить, что аналогичная ситуация имела место в 30–40-е годы прошлого века, но возобновление пихты улучшилось в последующие более холодные десятилетия.

В завершение обратим внимание на то, что несмотря на значительное число публикаций по разным регионам мира, в которых показано, что в последние 20–50 лет произошел рост численности подроста различных видов деревьев на верхнем и северном пределах их произрастания и его расселение на ранее не облесенные участки [13, 21, 28–30, 41, 43, 48, 49, 51, 52, 55, 56 и др.]. Случаи отсутствия такой тенденции также не являются редкостью [21, 22, 47–49, 52, 56, 57]. По общему мнению, это говорит о сложном характере связи между изменением климата на глобальном уровне и высотными и/или пространственными ареалами древесных растений [21, 22, 43, 48, 49, 56, 57]. Данные результаты, полученные одновременно на верхней и нижней границах распространения пихты Нордмана, еще один аргумент в пользу этого вывода.

Авторы благодарны О.Н. Соломиной за ознакомление с рукописью и рекомендации по ее опубликованию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акатов П.В. Изменение верхней границы распространения древесных видов растений на Западном Кавказе (бассейн р. Белой) в связи с современным потеплением климата // *Экология*. 2009. № 1. С. 37–43.

1. *Акатов П.В., Акатов В.В.* Тенденции изменения верхней границы распространения клена остролистного на Северо-Западном Кавказе // *Лесоведение*. 2010. № 5. С. 12–19.
2. *Александрова В.Д.* Динамика растительного покрова // *Полевая геоботаника*. М.; Л.: Наука, 1964. С. 300–432.
3. *Бегия С.М.* Пихтовые леса Кавказа. М.: МГУЛ, 2002. 270 с.

4. *Гвоздецкий Н.А.* Кавказ // М.: Изд-во геогр. лит-ры, 1963. С. 13–69.
5. *Голгофская К.Ю.* Типы буковых и пихтовых лесов бассейна реки Белой и их классификация // Тр. КГЗ. Вып. 9. М.: Лесная промышленность, 1967. С. 157–284.
6. *Голгофская К.Ю.* Растительность полосы верхнего предела леса в Кавказском заповеднике // Бот. журн. 1967. № 2. С. 202–214.
7. *Голгофская К.Ю.* Роль бактериальных заболеваний в процессах естественного возобновления // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. Киев: Наук. думка, 1985. С. 81–82.
8. *Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г.* Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. М.: Наука, 1985. 208 с.
9. *Грабенко Е.А.* К вопросу о поражении бактериозами пихты Нордмана на Западном Кавказе // Сб. научн. тр. “Лесной комплекс: состояние и перспективы развития”. Вып. 3. Брянск, 2002. С. 16–18.
10. *Грабенко Е.А.* Изменчивость лесной растительности в условиях заповедного режима на Западном Кавказе // Автореф. канд. дисс. М., 2000. 26 с.
11. *Гребенчиков О.С.* Опыт климатической характеристики основных растительных формаций Кавказа // Бот. журн. 1974. № 2. С. 161–170.
12. *Григорьев А.А., Моисеев П.А., Нагимов З.Я.* Влияние изменения климата на динамику верхней границы древесной растительности в горах Приполярного Урала // Вестн. Алтайс. гос. аграрного ун-та. 2010. Т. 74. № 12, С. 34–40
13. *Грудзинская И.А.* Широколиственные леса предгорий северо-западного Кавказа. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 5–187.
14. *Гулисашвили В.З., Махатадзе Л.Б., Прилипко Л.И.* Растительность Кавказа. М.: Наука, 1975. 233 с.
15. *Елисеева И.И., Юзбашев М.М.* Общая теория статистики. М.: Финансы и статистика, 1996. 368 с.
16. *Елумеева Т.Г., Салпагаров А.Д., Онищенко В.Г.* Динамика температуры и количества осадков на территории Карачаево-Черкесской республики во второй половине XX века // Состав и структура высокогорных экосистем Тебердинского заповедника. Тр. Тебердин. гос. биосферного заповедника. Вып. 27. М.: ЗАО “Гриф и К”, 2007. С. 20–29.
17. *Ефремов Ю.В., Панов В.А., Лурье П.М., Ильичев и др.* Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей. Краснодар: Кубан. гос. ун-т., 2007. 338 с.
18. *Животов А.Д.* Динамика метеорологических параметров на территории Кавказского заповедника (1985–2005 гг.) // Тр. Кавказ. гос. природного биосферного заповедника. Вып. 18. Майкоп: Качество, 2008. С. 6–22.
19. *Иванченко Т.Е., Царева Д.П., Юрченко В.П., Панов В.Д.* Климат туристских маршрутов Западного Кавказа в бассейнах рек Белая и Шахе. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 34 с.
20. *Каллаган Т.В., Величко А.А., Борисова О.К.* Тундра в условиях меняющегося климата // Изв. РАН. Сер. геогр. 2010. № 4. С. 17–27.
21. *Капралов Д.С., Шиятов С.Г., Моисеев П.А., Фомин В.В.* Изменения в составе, структуре и высотном положении мелколесий на верхнем пределе их произрастания в горах Северного Урала // Экология. 2006. № 6. С. 403–409.
22. *Корчагин А.А.* Определение возраста деревьев умеренных широт // Полевая геоботаника. М.;-Л.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 209–241.
23. *Кудактин А.Н., Власов В.В., Животов А.Д.* О тенденциях динамики некоторых компонентов ПТК Кавказского заповедника в связи с глобальным изменением климата // Биоразнообразии и мониторинг природных экосистем в Кавказском государственном природном биосферном заповеднике. Сб. тр. / Кавказский гос. природ. биосфер. заповедник. Новочеркасск: ЗАО ДОРОС, 2002. Вып. 16. С. 288–301.
24. *Ломов В.М., Дробиков А.А.* Пихтово-еловые леса // Растительные ресурсы. Ч.1. Леса. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 1980. С. 185–197.
25. *Лурье П.М.* Водный режим и баланс рек Северного Кавказа в период изменения климата // Оценка экологического состояния горных и предгорных экосистем Кавказа. Сб. науч. тр. Ассоциации ООПТ Северного Кавказа и Юга России. Вып. 3. Ставрополь: Кавказский край, 2000. С. 70–77.
26. *Лурье П.М., Панов В.Д.* Изменение деятельности снежных лавин на северном склоне Большого Кавказа в связи с климатическими условиями // Эколог. Вестн. науч. центров ЧЭС. Приложение 1. 2006. С. 47–53.
27. *Моисеев П.А., Бартыш А.А., Горяева А.В., Кошкина и др.* Динамика подгольцовых древостоев на склонах Серебрянского камня (Северный Урал) в последние столетия // Хвойные бореальной зоны. 2008. Т. 25. № 1 – 2. С. 21–27.
28. *Моисеев П.А., Бартыш А.А., Нагимов З.Я.* Изменения климата и динамика древостоев на верхнем пределе их произрастания в горах Северного Урала // Экология. 2010. № 6. С. 432–443.
29. *Моисеев П.А., Ван дер Меер М., Риглинг А., Шевченко И.И.* Влияние изменений климата на формирование поколений ели сибирской в подгольцовых древостоях Южного Урала // Экология. 2004. № 3. С. 1–9.
30. *Онищенко В.В., Салпагаров Д.С., Салпагаров А.Д.* Некоторые результаты комплексных экологических исследований высокогорий Северо-западного Кавказа, направленные на усиление роли ассоци-

- ации в процессе формирования региональной политики природопользования и охраны природы // Оценка экологического состояния горных и предгорных экосистем Кавказа. Сб. науч. тр. Ассоциации ООПТ Северного Кавказа и Юга России. Вып. 3. Ставрополь: Кавказский край, 2000. С. 11–28.
31. Орлов А.Я. Темнохвойные леса Северного Кавказа. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 254 с.
 32. Орлов А.Я. Буковые леса Северо-Западного Кавказа // Широколиственные леса Северо-Западного Кавказа. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 244–381.
 33. Панов В.Д. Климатические условия и экологическое состояние горной зоны Карачаево-Черкесской республики // Оценка экологического состояния горных и предгорных экосистем Кавказа. Сб. науч. тр. Ассоциации ООПТ Северного Кавказа и Юга России. Вып. 3. Ставрополь: Кавказский край, 2000. С. 53–62.
 34. Погорелов А.В. Изменения температуры воздуха холодного полугодия на Большом Кавказе за период проведения регулярных метеорологических наблюдений // Оценка экологического состояния горных и предгорных экосистем Кавказа. Сб. науч. тр. Ассоциации ООПТ Северного Кавказа и Юга России. Вып. 3. Ставрополь: Кавказский край, 2000. С. 62–69.
 35. Придня М.В. Леса субальпийского пояса // Растительные ресурсы. Ч.1. Леса. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 1980. С. 225–238.
 36. Соломина О.Н., Максимова О.Е. Дендрохронологические исследования на Тянь-Шане как источник климатической информации // Изв. РАН. Сер. геогр. 2010. № 6. С. 54–66.
 37. Французов А.А. Флористическая классификация лесов с *Fagus orientalis* Lypsky и *Abies nordmanniana* (Stev.) Sprach в бассейне реки Белой (Западный Кавказ) // Растительность России. СПб. 2006. № 9. С. 76–85.
 38. Хантемиров Р.М., Сурков А.Ю., Горланова Л.А. Изменения климата и формирование возрастных поколений лиственницы на полярной границе леса на Ямале // Экология. 2008. № 5. С. 323–328.
 39. Харук В.И., Двинская М.Л., Рэнсон К.Д. Лиственничники Сибири и климатические тренды // Природа. 2006. № 8. С. 46–51.
 40. Харук В.И., Двинская М.Л., Им С.Т., Рэнсон К.Д. Древесная растительность экотона лесотундры Западного Саяна и климатические тренды // Экология. 2008. № 1. С. 10–15.
 41. Черпаков В.В. Бактериальный ожог пихты Нордманна на Западном Кавказе // Фитонциды. Бактериальные болезни растений. Киев: Наук. думка, 1985. С. 103–104.
 42. Шиятов С.Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 216 с.
 43. Шиятов С.Г., Терентьев М.М., Фомин В.В. Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале // Экология. 2005. № 2. С. 83–90.
 44. Эмба Я.А., Дбар Р.С., Маландзия В.И. Региональные изменения климата и экологические проблемы Абхазии // Биоразнообразие и трансформация горных экосистем Кавказа. Т. 3. 2007. С. 61–73.
 45. Elliott G.P., Baker W.L. Quaking aspen (*Populus tremuloides* Michx.) at treeline: a century of change in the San Juan Mountains, Colorado, USA // J. Biogeogr. 2004. V. 31. P. 733–745.
 46. Gamache I., Payette S. Latitudinal response of subarctic tree lines to recent climate change in eastern Canada // J. Biogeogr. 2005. V. 32. P. 849–862.
 47. Harsch M.A., Hulme P.E., McGlone M.S., Duncan R.P. Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming // Ecology Lett. 2009. V. 12. № 10. P. 1040–1049.
 48. Holtmeier F.-K., Broll G. Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales // Global Ecol. Biogeogr. 2005. V. 14. P. 395–410.
 49. Kullman L. Structural change in a subalpine birch woodland in north Sweden during the past century // J. Biogeogr. 1991. V. 18. P. 53–62.
 50. Kullman L. Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes // J. Ecology. 2002. V. 90. P. 68–77.
 51. Kullman L. Tree-limit landscape evolution at the southern fringe of the Swedish Scandes (Dalarna province) // Holocene and 20th century perspectives. Fennia. Helsinki. 2004. V. 182. № 2. P. 73–94.
 52. Leac W.B., Craber R.E. A method for detecting migration of forest vegetation // Ecology. 1974. V. 55. № 6. P. 1425–1427.
 53. Read J., Hill R.S. Dynamics of *Nothofagus*-dominated rainforest on mainland Australia and lowland Tasmania. Vegetatio. 1985. V. 63. P. 67–78.
 54. Shugart H.H., French N.H.F., Kasischke E.S., Slawski J.J. et al. Detection of vegetation change using reconnaissance imagery // Global Change Biology. 2001. V. 7. P. 247–252.
 55. Walther G.-R. Plants in a warmer world // Perspectives in Plant Ecology, Evolut. System. 2003. V. 6/3. P. 169–185.
 56. Wang T., Zhang Q.-B., Ma K. Treeline dynamics in relation to climatic variability in the central Tianshan Mountains, northwestern China // Global Ecol. Biogeogr. 2006. V. 15. P. 406–415.

Trends in Altitude Area of Nordmann fir in the Western Caucasus (Basin of Belaya River) in the Relation with the Global Warming Issue

V.V. Akatov*, P.V. Akatov, S.V. Majorov***

**Majkop State Technology University*

***Adygea State University*

The upper and lower limits of altitude area of Nordmann fir (*Abies nordmanniana*) were assessed on the basis of age structure of forests in the Belaya River basin (Western Caucasus) in relation to recent climate warming. The results show that climate change has not led to changes of these limits in the area under study yet, but has created prerequisites to their possible retreat.