

УДК 574.24(470.62)

## ИЗМЕНЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ (БАССЕЙН Р. БЕЛОЙ) В СВЯЗИ С СОВРЕМЕННЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ КЛИМАТА

© 2009 г. П. В. Акатов

Майкопский государственный технологический университет

385000 Майкоп, ул. Первомайская, 191

E-mail: akatovmgti@mail.ru

Поступила в редакцию 26.02.2008 г.

В целях оценки отклика древесной растительности Западного Кавказа на современное потепление климата на трех горных массивах бассейна р. Белой было изучено состояние популяций ряда древесных видов на верхнем пределе их распространения. Исследования были выполнены в переходной зоне между среднегорными и высокогорными буково-пихтовыми лесами (1400–1700 м над ур. м.) и на верхнем пределе распространения древесной растительности, представленной березовым криволестьем (1810–2025 м). В качестве анализируемых параметров использовались средний и максимальный диаметр стволов, жизнеспособность и возраст деревьев. Показано наличие тенденции к поднятию верхней границы распространения *Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Ulmus glabra*, *Betula litwinowii*. Верхняя граница распространения *Abies nordmanniana* за последние десятилетия оставалась стабильной, что может быть связано с уменьшением влажности в теплый период года.

*Ключевые слова:* изменение климата, древесные виды, верхний предел распространения древесной растительности, диаметр ствола, возраст, жизнеспособность дерева, Западный Кавказ.

По данным Всемирной метеорологической организации (Заявление..., 2006), с начала XX в. средняя глобальная температура у земной поверхности возросла примерно на 0,7°C, причем наиболее интенсивно потепление климата происходило с 1976 г. В соответствии с прогнозом в ближайшие 50 лет глобальная температура может вырасти еще на 2–3°C (Панов, 2000), что может привести к радикальной трансформации растительного покрова во многих районах мира.

В настоящее время значительный литературный материал подтверждает это предположение. Так, считается, что одним из откликов растительности на потепление климата является усыхание хвойных лесов, которое происходит во многих районах северного полушария (Киселева, 2001; Breshears et al., 2005). На территории Сибири наблюдается продвижение лиственницы в зону тундры и одновременно ее вытеснение другими более теплолюбивыми видами в районах ее традиционного произрастания (Харук и др., 2006 а, б). Имеются данные о подъеме верхней границы леса в Альпах и на Урале (Горчаковский, Шиятов, 1985; Шиятов и др., 2005; Капралов и др., 2006). В частности, в горных районах Северного Урала под влиянием изменения климата отмечено продвижение верхней границы мелколесий вверх по

склонам, а также увеличение сомкнутости и высоты ранее существовавших древостоев (Капралов и др., 2006). В горах Полярного Урала отмечено (Шиятов и др., 2005) сокращение площади тундр с одновременным ростом площадей с сомкнутыми лесами, а также увеличение прироста деревьев в высоту и по диаметру.

Процессы изменения климата затронули и Западный Кавказ, где за период инструментальных наблюдений отмечалось потепление в 30-е годы и с конца 80-х годов прошлого столетия (Кудактин и др., 2002). По данным В.Д. Панова (2000), в горных районах бассейна р. Теберды (Западный Кавказ) небольшое повышение средних температур (на 0,12–0,17°C до 1996 г.) наблюдалось уже с 50-х годов прошлого века. По сценарию, рассмотренному этим автором, к 2050 г. ожидается дальнейшее повышение летних температур примерно на 2°C, зимних – на 4°C при некотором возрастании годового количества осадков в зимний период. В случае реализации данного прогноза можно ожидать смещения вверх высотных поясов растительности в этом регионе и подъема верхней границы леса примерно на 200–300 м, что приведет к сокращению площади безлесного высокогорья примерно на 50–60% (Акатов, 2002). Поэтому представляет интерес проверить данное предполо-

ложение путем выявления начальных признаков прогнозируемой трансформации растительности этого региона. Однако до настоящего времени такие исследования на Западном Кавказе практически не проводились. Исключение составляют лишь две работы, в которых анализируются изменения видового состава ряда фитоценозов альпийского пояса на горе Малая Хатипара в бассейне р. Теберды (Эбзеева, 2002; Елумеева, 2006). В частности, в первой отмечена тенденция к олуговению альпийских ковров, что, по мнению автора, может быть связано с процессами изменения климата. Сходную тенденцию отмечает и Т.Г. Елумеева для пестроовсянищевых лугов. Она делает вывод о том, что в данных сообществах в последние годы наметился рост численности видов растений, более характерных для сообществ, расположенных ниже поясов (субальпийских лугов).

Безусловно, наиболее эффективным методом изучения динамики растительности являются многолетние наблюдения на постоянных пробных площадях или путем сопоставления данных, полученных с использованием дистанционных методов. Однако при их отсутствии информацию о тенденциях аллогенных смен можно получить в результате анализа состояния современных популяций растений на верхнем пределе их распространения (Александрова, 1964; Горчаковский, Шиятов, 1985).

Целью проведенных нами исследований являлось определение на основе этого подхода тенденций динамики верхней границы распространения ряда широколиственных пород: клена платановидного – *Acer platanoides* L., клена ложноплатанового, или явора – *A. pseudoplatanus* L., ильма – *Ulmus glabra* Hudson, а также березы Литвинова – *Betula litwinowii* Doluch. и пихты Нордмана – *Abies nordmanniana* (Steven) Sprach в связи с современным (т. е. в последние десятилетия) потеплением климата.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в 2005–2006 гг. на трех горных массивах, расположенных в бассейне р. Белой (северный макросклон Главного Кавказского хребта) в пределах Кавказского государственного природного биосферного заповедника (хр. Пастбище Абаго, северный отрог г. Абаго, северный и юго-западный склоны г. Пшекиш – 43°55'–44°00' с.ш., 40°09'–40°18' в.д.).

На северном и юго-западном склонах г. Пшекиш, а также хр. Пастбище Абаго исследования проводили на границе среднегорных и верхнегорных буково-пихтовых лесов (1400–1700 м над ур. м.), которая является верхним пределом распространения популяций ряда широколиственных пород деревьев

(*Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Ulmus glabra*, *Fraxinus excelsior*, *Carpinus betulus*). Данный высотный уровень характеризуется мягкой снежной зимой со средними температурами января –3°C и теплым дождливым летом со средней температурой июля до 19°C. Продолжительность безморозного периода составляет около 160 дней. Общее годовое количество осадков – более 1200 мм с равномерным их распределением в течение года (Иванченко и др., 1982).

На г. Абаго исследования выполняли на естественной (климатической) верхней границе леса (1810–2025 м), которая сформирована березовым кривоствольем и считается верхним пределом распространения *Betula litwinowii* и *Abies nordmanniana*. Несмотря на то, что выпас домашнего скота и другие формы хозяйственной деятельности на большей части территории Кавказского заповедника были прекращены более 80 лет назад, лишь на немногих его участках (в том числе на г. Абаго) верхнюю границу леса можно считать естественной. Об этом свидетельствует контакт лесных сообществ на верхнем пределе непосредственно с сообществами альпийских низкотравных лугов и лишайниковых пустошей, а не с послелесными среднетравными лугами, которые формируются на месте древесной растительности после ее уничтожения. Для данного высотного уровня характерен влажный прохладный климат с годовым суммой осадков около 2000 мм, средней температурой июля 13°C, января –7...–8°C (Иванченко и др., 1982; Гвоздецкий, Голубчиков, 1987).

Мы исходили из того, что при наличии выраженной тенденции к расселению древесных видов выше в горы на верхнем пределе распространения их популяции будут представлены особями с небольшим диаметром, возрастом менее 25–30 лет и хорошей жизнеспособностью. Соответственно при движении вниз по склону от верхней границы распространения этих видов следует ожидать увеличения максимального возраста деревьев, а также среднего и максимального диаметров стволов с сохранением на примерно постоянном уровне их жизненного состояния (Александрова, 1964; Горчаковский, Шиятов, 1985).

В случае стабильного положения верхней границы распространения данных видов можно ожидать наличия у их верхнего предела особей с относительно небольшим диаметром, но значительным (более 25–30 лет) возрастом и относительно низкой жизнеспособностью (Александрова, 1964; Горчаковский, Шиятов, 1985), а по мере продвижения вниз по склону от верхнего рубежа – увеличения среднего и максимального диаметров стволов деревьев, а также улучшения их жизнеспособности.

При наличии тенденции к снижению верхней границы на верхнем пределе их распространения особи должны иметь значительный диаметр и

возраст, а также плохое жизненное состояние. Соответственно при движении вниз по склону от верхней границы распространения этих видов можно ожидать улучшения их жизнестойкости, снижения среднего диаметра стволов при отсутствии существенных изменений максимального диаметра.

Сбор фактического материала осуществлялся вдоль профилей, заложенных от верхней границы распространения изучаемых древесных пород вниз по склону до стабилизации значений анализируемых показателей. Справа и слева от линии профиля в пределах полосы шириной около 50 м для широколиственных пород и пихты Нордмана и 10 м – для березы Литвинова измеряли диаметры стволов и оценивали жизненное состояние всех особей в баллах по степени усыхания кроны: 1 – хорошее состояние; 2 – усыхание отдельных частей кроны; 3 – усыхание до трети кроны; 4 – усыхание до половины кроны; 5 – усыхание большей части кроны; 6 – усыхание всей кроны. У березы Литвинова, дающей густую поросль, измеряли максимальный диаметр ствола в пределах каждой куртины.

Возраст деревьев на верхнем пределе распространения определяли по кольцам годичного прироста. Для этих целей производили поперечные спилы со стволов деревьев вблизи земной поверхности. Поскольку нашей задачей являлась оценка тенденции изменения верхних рубежей распространения пород за последние 25–30 лет, а также в связи с тем, что работы выполнялись на территории Кавказского заповедника, нами было отобрано относительно небольшое количество образцов стволов диаметром не более 20 см (у широколиственных пород – 12 образцов, пихты Нордмана – 14, березы Литвинова – 23). Для определения возраста особей с большим диаметром ствола использовалась зависимость возраста от диаметра, полученная на основе данных исследованных образцов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим последовательно состояние изученных видов деревьев на верхней границе их распространения (см. рис. 1–4 и таблицу).

*Acer platanoides*. Характер изменения диаметра стволов данного вида вдоль высотных профилей показан на рис. 1 и в таблице. Из рис. 1 видно, что у *Acer platanoides* на всех высотных профилях выражена тенденция к снижению как среднего, так и максимального диаметров стволов с увеличением высоты над уровнем моря. Динамика среднего жизненного состояния выражена слабо. На северном и юго-западном склонах г. Пшекиш жизненное состояние не меняется и остается хорошим (1 балл) на всех высотных уровнях. На хр. Пастбище Абаго тенденция улучшения жизнен-

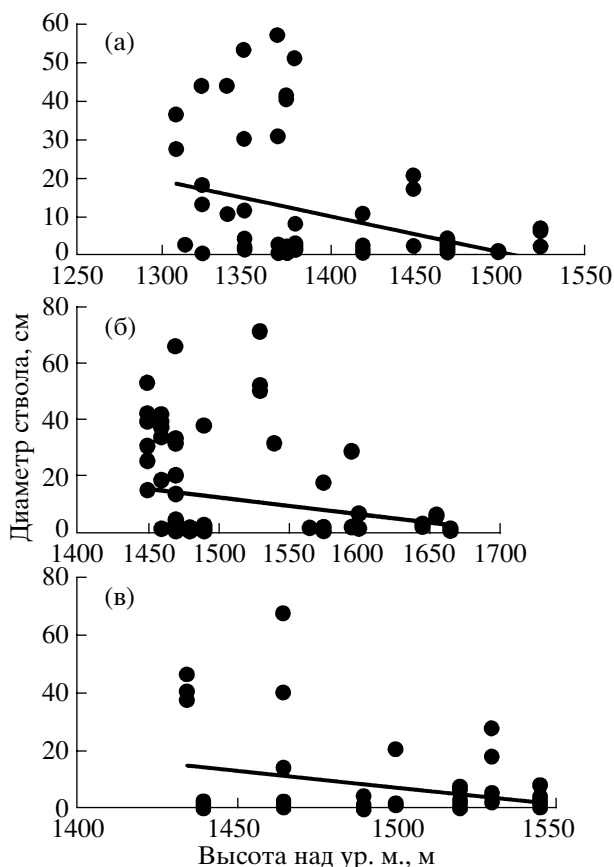
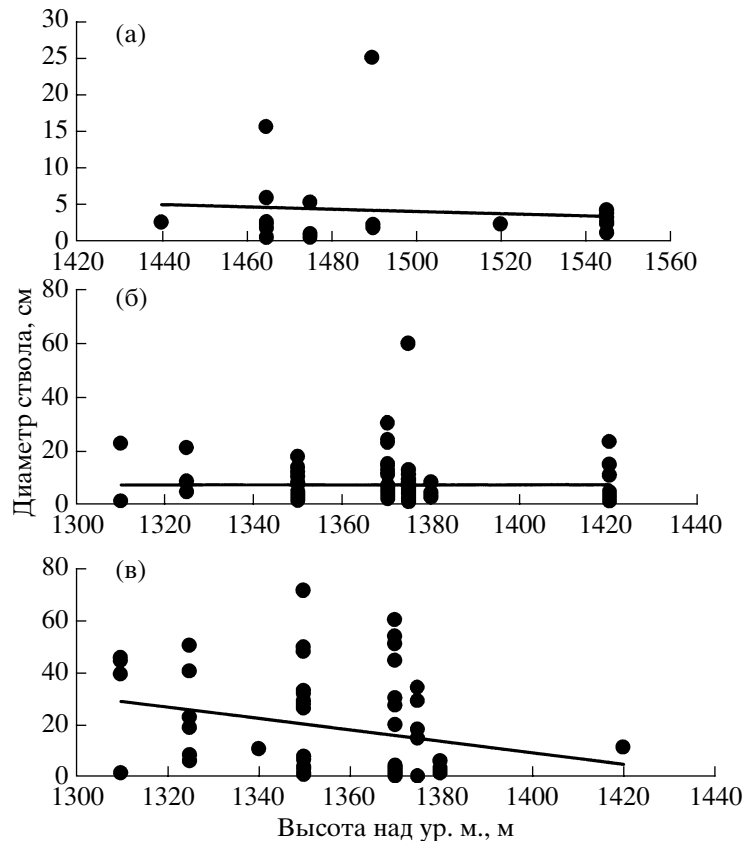


Рис. 1. Изменение диаметра стволов у *Acer platanoides* вдоль высотных профилей на хребте Пастбище Абаго (а), на юго-западном (б) и северном (в) склонах г. Пшекиш.

ного состояния с увеличением высоты над уровнем моря статистически незначима.

Максимальный возраст *A. platanoides* на верхней границе распространения на хр. Пастбище Абаго (1525 м) составил 10 лет (при диаметре ствола 6,8 см). Резкое увеличение максимального диаметра ствола *A. platanoides* с 4,3 см до 20,7 см (что соответствует возрасту около 30 лет) выявлено на высоте 1450 м, т. е. на 75 м ниже верхней границы распространения этого вида (см. рис. 1 а). На этой же высоте при движении вниз по склону наблюдается и ухудшение жизненного состояния особей. Это позволяет предположить, что верхняя граница распространения *A. platanoides* на хребте примерно за последние 30 лет поднялась ориентировочно на 75 м. Следующее резкое увеличение максимального диаметра ствола с 20 см до 50–60 см наблюдается на высоте около 1400 м. Вероятно, оно отражает положение верхней границы распространения *A. platanoides* в прошлом, т. е. до начала первой волны потепления, имевшей место в первой половине XX в. По-видимому, именно в этот период верхняя граница распро-



**Рис. 2.** Изменение диаметра стволов вдоль высотных профилей у *Ulmus glabra* (а – северный склон г. Пшекиш; б – хр. Пастбище Абаго) и *Acer pseudoplatanus* (в – хребет Пастбище Абаго).

странения *A. platanoides* продвинулась с 1400 до 1450 м.

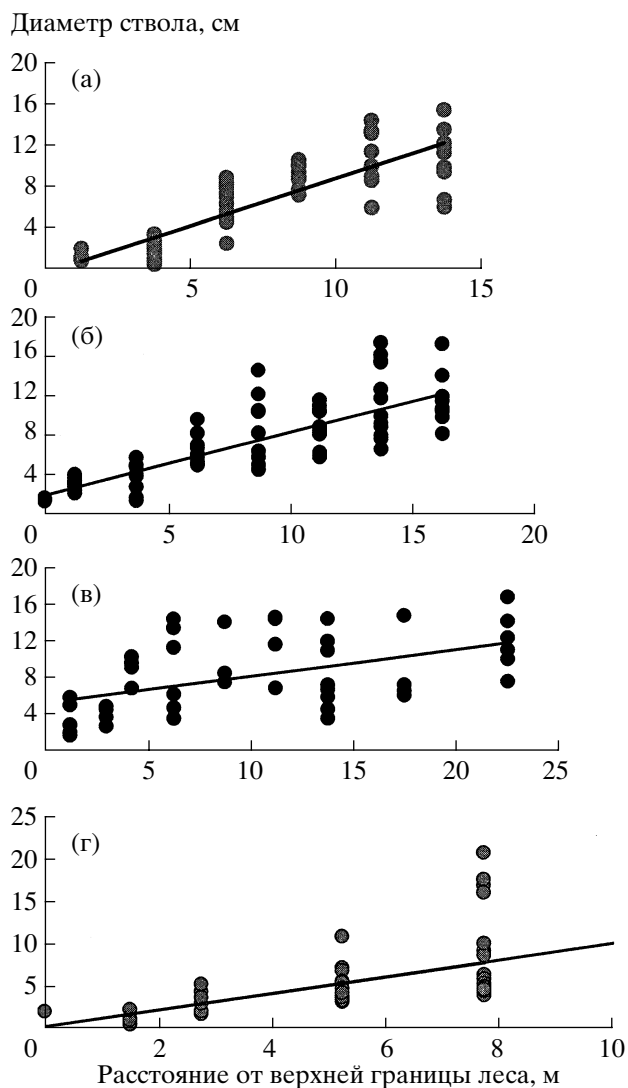
На юго-западном склоне горы Пшекиш на пределе распространения *A. platanoides* (1655–1665 м над ур. м.) возраст его особей составляет 6–23 года при диаметре стволов 1–7 см. На высоте около 1600 м максимальный диаметр возрастает почти до 30 см (см. рис. 1 б). Наконец, на высоте около 1540 м наблюдается второй скачок значений этого параметра – до 70 см. Соответственно можно предположить, что в первой половине XX в. верхняя граница поднялась с 1540 до 1600 м над ур. м., а за последние десятилетия – еще на 50–60 м.

На северном склоне горы Пшекиш на верхней границе распространения (1545 м) возраст особи *A. platanoides* с наибольшим диаметром (9 см) составил 19 лет. На высоте около 1530 м максимальный диаметр стволов достиг 29 см, т. е. распространение этой породы вверх, как и на хр. Пастбище Абаго, произошло около 20 лет назад, но здесь оно было менее значительным (около 15 м) (рис. 1 в). Признаком более ранней стадии повышения верхней границы распространения *A. platanoides* на данном склоне является резкое увеличение максимального диаметра стволов на высоте около 1465 м (с 30 см почти до 70 см).

***Ulmus glabra.*** Состояние популяций этого вида было изучено на северном склоне г. Пшекиш и на хр. Пастбище Абаго (рис. 2 а, б). На юго-западном склоне г. Пшекиш мы обнаружили только подрост.

На северном склоне г. Пшекиш возраст особей на верхнем пределе распространения (1545 м) составил 11 лет (диаметр – 4 см). Резкое увеличение максимального диаметра до 25 см было выявлено на высоте 1490 м (рис. 2 а). Жизненное состояние деревьев на всех высотных уровнях хорошее (1 балл). Таким образом, весьма вероятен подъем верхней границы распространения этого вида в последние 15–20 лет примерно на 50 м.

На хр. Пастбище Абаго мы не обнаружили явных признаков смещения верхней границы распространения *U. glabra* за последние десятилетия. На верхнем пределе распространения максимальный диаметр ствола этого вида превышает 20 см и практически не меняется вдоль высотного градиента (рис. 2 б). Лишь одно дерево диаметром около 60 см было зафиксировано на высоте 1375 м. Жизненное состояние особей варьировало в широких пределах независимо от высоты над уровнем моря (см. таблицу). Можно предположить, что верхняя граница распространения *U. glabra* на

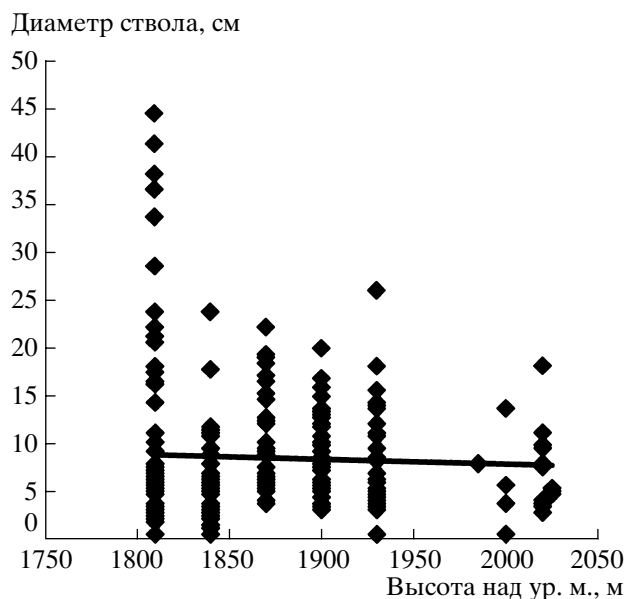


**Рис. 3.** Изменение диаметра стволов у *Betula litwinowii* от верхнего предела распространения этого вида вниз по склону на г. Абаго: а – северо-восточная экспозиция; б, в – западная экспозиция; г – северная экспозиция.

этом хребте поднялась примерно на 45 м в первую волну потепления.

***Acer pseudoplatanus.*** Относительно большое число особей этого вида мы обнаружили только на хр. Пастбище Абаго. Здесь наблюдается хорошо выраженная тенденция снижения среднего диаметра стволов с увеличением высоты от уровня 1350 м (рис. 2 в) и отсутствие статистически значимых высотных изменений жизненного состояния этого вида (см. таблицу).

На данном хребте на верхней границе распространения *A. pseudoplatanus* представлен только одним деревом с хорошим жизненным состоянием (1420 м над ур. м., диаметр – 12 см, возраст – 26 лет). Массовое распространение этого вида на-



**Рис. 4.** Изменение диаметра стволов вдоль высотного профиля у *Abies nordmanniana* (г. Абаго, северная экспозиция).

чинается с высоты 1370–1380 м, причем почти сразу же максимальный диаметр достигает 60 см и более, а популяция включает особи всех возрастных категорий (см. рис. 2 в). Соответственно высоте 1375 м, по-видимому, можно считать естественной верхней границей распространения *A. pseudoplatanus*, которая существовала на протяжении десятилетий. Хорошее жизненное состояние особей на высоте 1420 м может свидетельствовать о потенциальной возможности проникновения этого вида на более значительные высоты.

***Betula litwinowii.*** В целях анализа состояния популяций на г. Абаго на склонах разной экспозиции от верхнего предела распространения этого вида вниз до границы крупномерного сомкнутого древостоя было заложено 4 профиля, состоящих из 4–9 площадок размером 10 × 2.5 м. Характер изменения диаметров стволов на каждом профиле представлен на рис. 3. В связи с незначительным перепадом высот в пределах профилей в качестве независимого параметра мы использовали не высоту над уровнем моря, а расстояние в пространстве от крайних верхних особей *B. litwinowii*. На всех профилях хорошо выражены тенденция снижения среднего и максимального диаметров стволов по мере приближения к верхней границе распространения березы и стабильно хорошее жизненное состояние деревьев. Расстояние от верхнего предела распространения березы до уровня стабилизации максимального диаметра составляет от 6 до 25 м. У деревьев с максимальным диаметром, произрастающих на расстоянии

Изменение среднего диаметра ствола и жизненности древесных видов растений на высотных профилях

Вид	Профиль	n	Средний диаметр ствола		Жизненное состояние		
			r	p	Пределы варьирования	r	p
<i>Acer platanoides</i>	хр. Пастбище Абаго	98	0.42	<0.001	1–2	–0.3	<0.01
	г. Пшекиш						
	северн. склон	53	0.32	<0.05	1	–	–
	юго-зап. склон	84	0.2	<0.1	1	–	–
<i>Ulmus glabra</i>	хр. Пастбище Абаго	91	0.01	–	1–4	–0.05	–
	г. Пшекиш (сев. склон)	23	0.12	–	1	–	–
<i>Acer pseudoplatanus</i>	хр. Пастбище Абаго	57	0.26	<0.05	1–2	–0.09	–
<i>Abies nordmanniana</i>	г. Абаго	251	0.67	<0.001	1–6	0.23	<0.01
<i>Betula litwinowii</i>	г. Абаго						
	профиль 1	31	0.79	<0.001	1	–	–
	профиль 2	64	0.86	<0.001	1	–	–
	профиль 3	85	0.96	<0.001	1	–	–
	профиль 4	47	0.82	<0.001	1	–	–

Примечание: n – количество стволов деревьев, диаметр которых был измерен; r – коэффициент корреляции; p – уровень достоверности.

до 3.5 м от верхней границы леса, возраст не превышал 15 лет, на расстоянии до 5 м он увеличивается до 30 лет, а на расстоянии 7 м – до 40 лет. Следовательно, можно предположить, что за последние 30 лет произошло небольшое (на несколько метров в пространстве) смещение границы распространения *B. litwinowii* вверх по склону.

***Abies nordmanniana*.** Данные по состоянию популяций получены на г. Абаго, где пихта достигает высоты 2020 м над ур. м. (пояс березового криволесья). Максимальный диаметр деревьев на этой высоте составил 18 см при возрасте 150 лет. По мере снижения высоты над уровнем моря максимальный и средний диаметры стволов почти не меняются до 1810 м (граница между березняком и буко-пихтарником), после чего максимальный диаметр резко возрастает до 44 см (см. рис. 4). Данное явление может быть связано с продвижением верхней границы распространения пихты вверх, но не в последние десятилетия, а в более отдаленном прошлом.

Средний балл общего жизненного состояния *A. nordmanniana* на участке профиля от 2020 до 1900 м составляет 2.5, далее при движении вниз по склону до высоты 1840 м он снижается до 1.2 (хорошее состояние), а затем между высотами 1840 и 1810 м повышается до 1.9, по-видимому, в связи с низкой освещенностью под пологом буково-пихтового леса.

Низкая жизненность и значительный возраст деревьев на предельных высотах наряду с отсут-

ствием высотных изменений среднего и максимального диаметров стволов хорошо соответствуют представлению о стабильности верхней границы распространения *A. nordmanniana* в районе исследований. Не исключено, что основным препятствием для ее распространения вверх является увеличение продолжительности сухих периодов в теплое время года (Онищенко и др., 2000).

Таким образом, данные, полученные для ряда горных массивов Западного Кавказа, свидетельствуют о наличии тенденции к поднятию верхней границы распространения широколиственных пород и *Betula litwinowii* в этом регионе в последние десятилетия. Верхняя граница распространения *Abies nordmanniana* в настоящее время является стабильной.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акатов П.В. Возможные изменения природных комплексов Республики Адыгея в связи с глобальным потеплением климата // Наука – 21 веку: Мат-лы 2-й междунар. научно-практич. конф. студентов, аспирантов, докторантов и молодых ученых. Майкоп: Изд-во МГТИ, 2002. С. 17–18.
- Александрова В.Д. Динамика растительного покрова // Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1964. С. 300–432.
- Гвоздецкий Н.А., Голубчиков Ю.Н. Горы. М.: Мысль, 1987. 399 с.
- Горчаковский П.Л., Шиятов С.Г. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. М.: Наука, 1985. 208 с.

- Елумеева Т.Г.* Разногодичная динамика и конкуренция на альпийских и лишайниковых пустошах и пестроосынных лугах Тебердинского заповедника: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2006. 21 с. Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2006 году // <http://www.meteorf.ru>.
- Иванченко Т.Е., Царева Д.П., Юрченко В.П., Панов В.Д.* Климат туристских маршрутов Западного Кавказа в бассейнах рек Белая и Шахе. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 34 с.
- 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.
- Киселева Е.В.* Циклическая изменчивость радиального прироста ели европейской и внутривековая динамика климата // *География и природные ресурсы*. 2001. № 1. С. 120–124.
- Кудактин А.Н., Власов В.В., Животов А.Д.* О тенденциях динамики некоторых компонентов ПТК Кавказского заповедника в связи с глобальным изменением климата // *Биоразнообразие и мониторинг природных экосистем в Кавказском государственном природном биосферном заповеднике*. Новочеркасск: “Дорос”, 2002. С. 288–300.
- Онищенко В.В., Салпагаров Д.С., Салпагаров А.Д.* Некоторые результаты комплексных экологических исследований высокогорий северо-западного Кавказа, направленные на усиление роли ассоциации 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*. Ставрополь, 2000. Вып. 3. С. 11–28.
- 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*. Ставрополь, 2000. Вып. 3. С. 53–62.
- Харук В.И., Двинская М.Л., Рэнсон К.Д.* Лиственничники Сибири и климатические тренды // *Природа*. 2006 а. № 8. С. 46–51.
- Харук В.И., Рэнсон К.Д., Им С.Т., Наурзбаев М.М.* Лиственничники лесотундры и климатические тренды // *Экология*. 2006 б. № 5. С. 323–331.
- Шиятов С.Г., Терентьев М.М., Фомин В.В.* Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале // *Экология*. 2005. № 2. С. 83–90.
- Эбзеева М.А.* Альпийские ковры Тебердинского заповедника: естественная динамика и экспериментальный анализ влияния доминантов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2002. 22 с.
- Breshears D.D., Cobb N.S., Rich P.M. et al.* Regional vegetation die-off in response to global-change type drought // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 2005. V. 102. P. 15144–15148.