

Оригинальные

УСЫХАНИЕ ПИХТО-ЕЛЬНИКОВ ТЕБЕРДИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

© 2019 г. М. Ю. Пукинская^{1,*}, Д. С. Кессель^{1,**}, К. В. Щукина¹¹ Ботанический институт им. В.Л. Комарова
РАН, ул. Проф. Попова, д. 2, Санкт-Петербург, 197376, Россия

*e-mail: pukinskaya@gmail.com

**e-mail: daria.kessel@gmail.com

Поступила в редакцию 11.01.2019 г.

После доработки 08.02.2019 г.

Принята к публикации 12.02.2019 г.

Проведено исследование усыхания темнохвойных лесов Тебердинского государственного природного биосферного заповедника (Северный Кавказ). Выявлены особенности динамики древостоев, предпосылки и непосредственные причины усыхания пихто-ельников, а также перспективы их восстановления. Показано, что разновозрастность древостоя является наиболее значимым фактором его устойчивости.

Ключевые слова: динамика еловых лесов, очаг усыхания, Тебердинский заповедник, устойчивость древостоев, усыхание еловых лесов

DOI: 10.1134/S0006813619030062

ВВЕДЕНИЕ

Усыхание темнохвойных лесов, особенно еловых и елово-пихтовых, происходит во многих районах их произрастания в северном полушарии (Rehfuess, 1991). В современную эпоху эта ситуация особенно тревожна в связи с глобальным потеплением климата.

В России и ближнем зарубежье наиболее известны массовые усыхания ели аянской (*Picea ajanensis* Fisch.) в горах Сихотэ-Алиня (Kurentsov, 1950; Rozenberg, 1961; Manko, Gladkova, 2001; Vlasenko, 2005), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) в бассейне Северной Двины (Kurentsov, 1912; Nevolin et al., 2005) и ели европейской (*Picea abies* (L.) H. Karst.) на Европейской части РФ и в Белоруссии (Agafonov, 1908; Timofeev, 1944; Fedorov, 2000; Fedorov, Sarnatskii, 2001; Malakhova, Liantsev, 2014; Pukinskaya, 2016). Мониторинговые исследования этих лесов не прекращаются. Что касается ели восточной (*Picea orientalis* (L.) Link.) в горах Кавказа, то А.Я. Орлов упоминал о ее групповом усыхании в 1930-х–1940-х гг. прошлого века (Orlov, 1951). Несмотря на важность сохранения ельников в горах Кавказа, специальных работ по изучению их состояния до последнего времени не проводилось, хотя усыхание здесь приняло массовый характер.

В наши задачи входило обследование массивов усыхающих темнохвойных лесов Тебердинского заповедника, с целью выявления причин усыхания, особенностей динамики этих лесов и перспектив их развития на фоне потепления климата.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

В 2017 г. мы изучали усыхание ели восточной в Гоначхирском, Джамагатском, Домбайском и Тебердинском лесничествах Тебердинского государственного природного биосферного заповедника (рис. 1). В Гоначхирском лесничестве выполнено 7 геобота-

нических описаний на левом берегу р. Гоначхир в 22 и 23 кварталах; в Джамагатском лесничестве — 4 описания в 95 и 97 кварталах на правом и левом берегах р. Улу-Муруджу; в Домбайском лесничестве — 3 описания в 55 и 57 кварталах на правом и левом берегах р. Аманауз; в Тебердинском лесничестве — 4 описания в квартале 76. На пробных площадях (по 400 м²) были отмечены координаты, выполнялось бурение сухих и живых деревьев ели восточной (*Picea orientalis*) и пихты Нордмана (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach) верхнего яруса. Проведена оценка численности, состава и жизненности подроста лесообразующих пород, а также отмечался возраст и годовичные приросты в высоту главной оси елового и пихтового подроста. Всего взято 114 кернов модельных деревьев на высоте 1.3 м (на уровне груди (у. г.)). Возраст и диаметр деревьев в статье указаны на у. г. Также были взяты образцы для определения энтомофауны и микофлоры. Количество стволов с гнилью оценивалось по кернам модельных деревьев. В действительности фаунность значительно больше, поскольку керны отбирались у наиболее крепких (буримых) деревьев.

Измерение радиальных приростов елей по кернам проводилось при помощи бинокляра (с точностью до 0.1 мм). Названия сосудистых растений приведены по С.К. Черепанову (Сзегеранов, 1995), насекомых — по Иллюстрированному справочнику жуков-ксилофагов — вредителей леса и лесоматериалов Российской Федерации (Izhevskii et al., 2005), грибов — по Атласу-определителю дереворазрушающих грибов лесов Русской равнины (Storozhenko et al., 2014). Расширение пятен усыхания оценивалось по историческим космическим снимкам Google. При статистической обработке данных использовались коэффициент корреляции (r), ошибка коэффициента корреляции (m) и t — критерий Стьюдента. В работе использовался 5% уровень значимости достоверности различий (Plokhinskii, 1970).

В работе использованы данные метеостанции “Теберда”, предоставленные Тебердинским заповедником, а также архивные данные сайта <https://rp5.ru/> за 2010–2016 гг. (Weather archive. URL: https://rp5.ru/Weather_in_Teberda) и Летописи природы Тебердинского заповедника за 2010–2012 гг. (Letopis prirody...2010, 2011, 2012).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Гоначхирское лесничество. Ельники этого лесничества наиболее пострадали от массового сплошного усыхания, занимающего целые склоны (рис. 2), произошедшего в основном в период с 2012 по 2016 гг. Судя по историческим космоснимкам, возникшие очаги усыхания расширялись и приблизительно за 5 лет слились в сплошное усыхание. В настоящее время усохшие деревья еще стоят, и вывал сухостоя только начался. Старый валеж редок. В древостое сохранились отдельные живые деревья, преимущественно пихты (табл. 1). Усыхание древостоя на обследованном склоне не распространяется на подрост, как и обычно при усыхании ельников (Rozenberg, 1961; Manko, 1987; Bogatyrev, Seriakov, 1995; Orlov, 1996; Pukinskaya, 2016).

Обследованная часть склона расположена на высотах 1650–1790 м над ур. м., северной экспозиции, уклон 30–40°. Мощность почвы не превышает 25 см. Часто встречаются незадерненные каменистые участки, местами видны крупные угли.

Усохший массив представлял собой пихто-ельник зеленомошно-кислично-папоротниковый (пробная площадь (ПП) № 1–5, 15, Табл. 2). В верхних ярусах, помимо ели и пихты, единично встречаются сосна Коха (*Pinus kochiana* Klotzsch ex K. Koch) и береза Литвинова (*Betula litwinowii* Doluch.). Высота елей и пихт I яруса достигала 30 м. Диаметр наиболее крупных деревьев 80–82 см (без коры), средний диаметр ели I–II ярусов — 42 см, пихты I–II ярусов — 53 см (на у. г.). Плотность усохшего пихто-ельника составляла 1–3.5 тыс. экз./га. Следует отметить равномерность распределения деревьев верхних ярусов по площади (рис. 3).



Рис. 1. Карта-схема расположения пробных площадей в Тебердинском заповеднике.

Fig. 1. Schematic map of sample plots in Teberda Reserve.



Рис. 2. Усохший пихто-ельник в Гоначхирском лесничестве.

Fig. 2. Dried fir-spruce forest in Gonachkhir forestry.

Таблица 1. Характеристика древостоя на пробных площадях в пихто-ельниках Тебердинского заповедника.
Table 1. Characteristics of tree stands on sample plots in fir-spruce forests of the Teberda Reserve

Лесничество Forestry	№ пробной площади/ № of sample plot	Тип усыхания/ Type of drying	Площадь очага усыхания, га / Drying area, ha	Picea orientalis (I - II layers)						Abies nordmanniana (I - II layers)						Taxus baccata (III layer)	
				Средняя плотность слового древостоя, экз./га Average density of spruce stand, trees / ha	Сухих, экз./га Dry, trees / ha	Живых, экз./га Alive, trees/ha	Средний Average	Максимальный Maximum	Возрастные группы деревьев, лет на у.г. Age groups of trees, years at breast height	Средняя плотность пихтового древостоя, экз./га Average density of spruce stand, trees/ha	Сухих, экз./га Dry, trees / ha	Живых, экз./га Alive, trees/ha	Средний Average	Максимальный Maximum	Возрастные группы деревьев, лет на у.г. Age groups of trees, years at breast height	Бук (II ярус) Fagus orient- alis (II layer)	Тис (III ярус) Taxus baccata (III layer)
Гоначир- ское Gonachkhir	1	сплош- ное/total	>100	1200	1200	440	42	80	80-100 230-250	667	267	400	53	82	230-250	экз./га trees/ha	экз./га trees/ha
	2																
	3																
Джамагат- ское Djamagat	4																
	5																
	6	диффуз- ное/diffuse	0.19- 0.30	480	1200	440	44	90	50-90 185-240	640	40	600	44	90	97	80	240
Домбайское Dombay	7	очаговое/ group		200	1030	170	43	86	75-115	115	125	115	35	80			
	8																
	9	диффуз- ное/diffuse		600	200	150	64	120	200-350	200	200	200	64	145	220	75	
Тебердин- ское/Teberda	10	очаго- вое/group	0.12	1600	400	400	59	78	110-322	800	7	793	43	47	>200		
	11	очаго- вое/group	0.16						100-320						70-245		
	12	очаго- вое/group	0.30						120-165						108		



Рис. 3. Равномерное распределение деревьев верхних ярусов по площади.

Fig. 3. Equable distribution of trees of the upper layers by area.



Рис. 4. Неравномерность размещения подроста.

Fig. 4. Uneven distribution of undergrowth.

Таблица 2. Характеристика напочвенного покрова и подлеска на пробных площадях.
Table 2. Characteristics of ground cover and undergrowth on sample plots

№ пробной площади / № of sample plot	1	2	3	4	6	7	9	10	11	12	13
Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса (%) Projective cover of the grass-shrub layer (%)	65	40	30	45	10	60	80	35	60	65	75
<i>Actaea spicata</i> L.	0.5			0.5			0.5			1	1
<i>Adoxa moschatellina</i> L.							0.5				
<i>Aegopodium podagraria</i> L.							3				2
<i>Aruncus vulgaris</i> Rafin.			5					0.5		5	
<i>Asplenium trichomanes</i> L.					0.5			0.5			
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	2	1	0.5	0.5			3			10	7
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth		2	10	0.5					15		
<i>Calamintha grandiflora</i> (L.) Moench										1	
<i>Cardamine impatiens</i> L.					0.5						
<i>Cardamine</i> sp.										0.5	
<i>Carex digitata</i> L.	0.5				0.5			5	2	3	1
<i>Carex sylvatica</i> Huds.							1				
<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.			2						0.5		
<i>Chrysosplenium alternifolium</i> L.	5										
<i>Cirsium</i> sp.									0.5		
<i>Convallaria majalis</i> L.											2
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.								1		0.5	
<i>Dentaria bulbifera</i> L.						0.5	1	5			
<i>Dryopteris abbreviata</i> (DC.) Newm. ex Manton	0.5	2	1							5	
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs	2	10		5						2	7
<i>Dryopteris expansa</i> (C.Presl) Fraser-Jenkins	20	5	1	2		10			2		
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott							10	1		5	15
<i>Epilobium montanum</i> L.										1	
<i>Epilobium</i> sp.			0.5								
<i>Festuca altissima</i> All.	5	3						15	1		3
<i>Festuca drymeja</i> Mert. et Koch										3	
<i>Fragaria vesca</i> L.	2		0.5					0.5	1		
<i>Galium aparine</i> L. (<i>G. spurium</i> L.)		1		3							
<i>Galium odoratum</i> (L.) Scop.	10		5		0.5	1	10	0.5		7	20
<i>Galium rotundifolium</i> L. (<i>G. scabrum</i> auct.)									1	2	
<i>Gentiana cruciata</i> L.										2	
<i>Geranium robertianum</i> L.	10	0.5	10	0.5	0.5	5	5		2	8	
<i>Geranium sylvaticum</i> L.								0.5			
<i>Geum rivale</i> L.						0.5					
<i>Geum urbanum</i> L.	1										
<i>Goodyera repens</i> (L.) R.Br.						1					
<i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) Newm.	15	15	5	20		5	5		10	1	3
<i>Heracleum asperum</i> (Hoffm.) Bieb.							1				

Таблица 2. Продолжение

№ пробной площади / № of sample plot	1	2	3	4	6	7	9	10	11	12	13
Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса (%) Projective cover of the grass-shrub layer (%)	65	40	30	45	10	60	80	35	60	65	75
<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.										1	
<i>Hieracium</i> sp.					0.5	0.5			0.5	0.5	
<i>Huperzia selago</i> (L.) Bernh. ex Schrank. et Mart.	0.5										
<i>Hypopitys monotropa</i> Crantz					0.5						
<i>Impatiens noli-tangere</i> L.	5	0.5								1	
<i>Linnaea borealis</i> L.				0.5							
<i>Listera cordata</i> (L.) R.Br.			0.5								
<i>Luzula forsteri</i> (Sm.) DC. in Lam. & DC.								0.5			
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	0.5						0.5		1		
<i>Melica nutans</i> L.	3							1		1	
<i>Milium effusum</i> L.	5	2	15	2	0.5	5	2				1
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.					0.5	1	1	0.5	5	2	1
<i>Mycelis muralis</i> (L.) Dumort.	0.5		0.5			1	3	0.5	5	1	
<i>Myosotis sylvatica</i> Ehrh. ex Hoffm.	0.5						0.5	0.5	1	2	
<i>Neottia nidus-avis</i> (L.) Rich.					0.5						
<i>Origanum vulgare</i> L.											0.5
<i>Osmorhiza aristata</i> (Thunb.) Makino et Yabe					1		2				3
<i>Oxalis acetosella</i> L.	15	30	10	30	8	40	70	1	40	20	60
<i>Paris quadrifolia</i> L.	1			0.5							0.5
<i>Paris incompleta</i> Bieb.							1				1
<i>Petasites albus</i> (L.) Gaertn.		0.5					1		0.5	3	
<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.										4	2
<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	0.5					1	2				
<i>Polygonatum verticillatum</i> (L.) All.	0.5	1								0.5	
<i>Polypodium vulgare</i> L.	0.5		3			0.5		0.5			
<i>Pulmonaria mollis</i> Wulf. ex Hornem. s.l.	0.5							0.5		1	0.5
<i>Poa nemoralis</i> L.	0.5								0.5	0.5	
<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce				0.5	1			1			
<i>Polypodium vulgare</i> L.					1						
<i>Polystichum braunii</i> (Spenn.) Fée			1					10		2	
<i>Rhizomatopteris montana</i> (Lam.) A.P. Khokhr.	10	0.5		1							
<i>Rubus idaeus</i> L.	5	0.5	20			0.5	2		2		
<i>Rumex</i> sp.	0.5										
<i>Salvia glutinosa</i> L.						0.5	1	2	0.5	2	
<i>Saxifraga repanda</i> Willd. ex Sternb.				0.5						1	
<i>Sedum stoloniferum</i> S.G. Gmel.								0.5	10	1	
<i>Senecio racemosus</i> (M. Bieb.) DC.			1	0.5			1		5	1	
<i>Senecio renifolius</i> (C.A.Mey.) Sch. Bip.		0.5		0.5	0.5	2		2		12	5

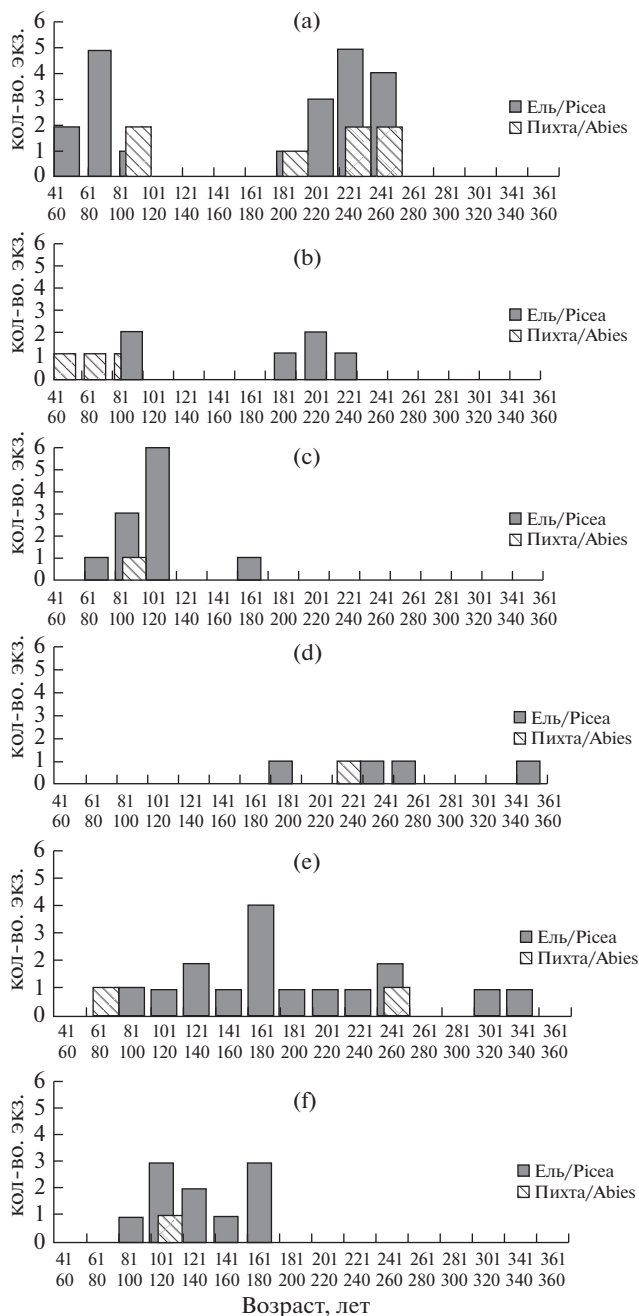


Рис. 5. Возрастная структура древостоя обследованных участков: а – Гончакхирское лесничество, сплошное усыхание; б – Джамагатское лесничество, диффузное усыхание; с – Джамагатское лесничество, очаговое усыхание; д – Домбайское лесничество, диффузное усыхание; е – Домбайское лесничество, очаговое усыхание; ф – Тебердинское лесничество, очаговое усыхание

Fig. 5. Age structure of the stand on the surveyed areas: а – Gonachkhir forestry, total drying; б – Djamagat forestry, diffuse drying; с – Djamagat forestry, group drying; д – Dombay forestry, diffuse drying; е – Dombay forestry, group drying; ф – Teberda forestry, group drying. *X-axis* - age, years, *y-axis* – number of trees.

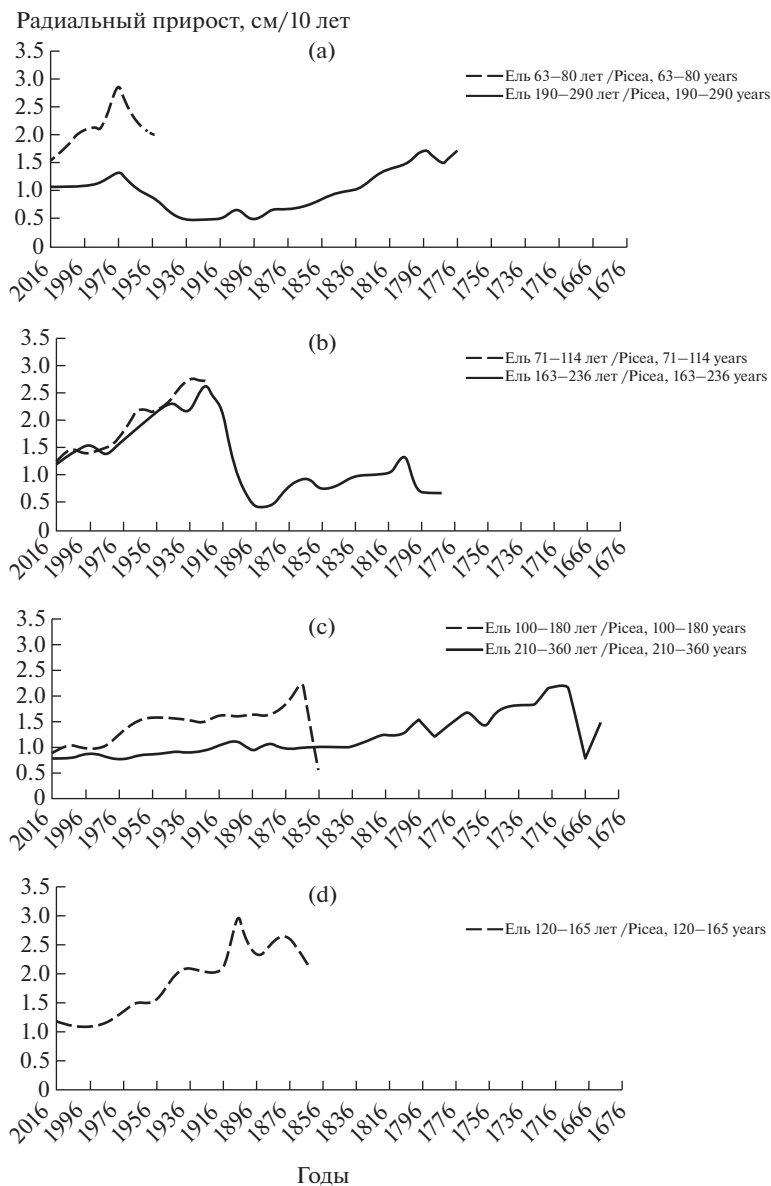


Рис. 6. Изменение средних радиальных приростов елей в течение жизни (средний прирост по возрастным группам), см/10 лет: а – Гоначхирское лесничество, б – Джамагатское лесничество, с – Домбайское лесничество, d – Тебердинское лесничество. Деление на две возрастные группы в Гоначхирском и Джамагатском лесничествах проведено на основании реального наличия двух возрастных групп, а в Домбайском – разновозрастной древостой разделен на 2 группы – старше и младше среднего возраста.

Fig. 6. Change in average radial growth of spruce throughout life (average growth in age groups), cm/10 years: a – Gonachkhir forestry; b – Djamagat forestry; c – Dombay forestry; d – Teberda forestry. The division into two age groups in Gonachkhir and Djamagat forestries was made on the basis of the real presence of two age groups, while in Dombay forestry uneven-aged tree stands were divided into 2 groups, older and younger than middle age.

Подлесок выражен слабо, проективное покрытие достигает 15%, преобладает *Sorbus aucuparia* L.

В травяно-кустарничковом ярусе 19–32 вида сосудистых растений (в среднем 23), доминируют кислица (*Oxalis acetosella* L.) и папоротники (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) Н.Р. Fuchs, *Dryopteris expansa* (C. Presl.) Fraser-Jenkins, *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm.). В моховом ярусе преобладают зеленые мхи.

Высота хвойного подроста от 0.3 до 15 м, в основном 1–2 м высотой. При этом крупного подроста (выше 5 м) до 1 тыс. экз./га, среднего (2–5 м высотой) – до 10 тыс. экз./га и мелкого – от 1 до 27.5 тыс. экз./га. В подросте преобладает ель; соотношение ели и пихты (высотой до 5 м) составляет от 6.5 : 1 до 1.5 : 1. Размещение подроста по площади крайне неравномерное – от полного его отсутствия до густых куртин, расположенных обычно полосами вдоль склона (рис. 4). На крайнюю неравномерность размещения подроста в темнохвойных лесах Кавказа обращал внимание А.Я. Орлов (Orlov, 1951).

Анализ возрастной структуры древостоя показал, что древостой был представлен двумя возрастными группами (рис. 5). Преобладающий возраст ели и пихты – 230–250 лет (на у. г.). Кроме старшего поколения, в древостое присутствовало поколение 80–100 лет (на у. г.). Деревья этого возраста приурочены к участкам с пнями от старой выборочной рубки (ПП № 2 и 5). По состоянию сухостоя и возрасту единично сохранившихся живых деревьев можно сказать, что более молодая часть древостоя усыхает в последнюю очередь. При этом, о возрасте деревьев здесь, как и в других лесничествах, нельзя судить по толщине стволов: корреляция диаметра и возраста слабая, хотя и достоверная ($r = 0.45$, $n = 85$, $r^2 = 0.21$, $m_r = 0.09$). Это подтверждается данными Т.М. Джапаридзе и Т.Ф. Урушадзе (Dzharidze, Urushadze, 1973) – деревья одинаковой толщины сильно отличаются по возрасту. Д.Г. Сараджишвили (Saradzishvili, 1962) указывает на 2–5-кратные различия диаметров одновозрастных деревьев (ели и пихты).

Изучение хода роста модельных елей ($n = 27$) по радиальным приростам в течение жизни (рис. 6) выявило следующее. Годичные приросты по радиусу составили от 0.1 до 4.4 см/10 лет. При этом выявились различия приростов разных возрастных групп. Большие приросты (2 см и более за 10 лет) в течение одного или нескольких десятилетий в разные периоды жизни имели 46% елей старшего поколения и 91% елей младшего поколения.

Мы проанализировали также средний радиальный прирост елей в начале жизни – в первые 30 лет. В старшей возрастной группе начальный радиальный прирост составил в среднем 4.4 см; у елей верхних ярусов младшей возрастной группы, а также у 40-летнего елового подроста – 6.9 см. Различия достоверны ($t = 3.3$). Таким образом, за последние 100–150 лет условия произрастания для ели в обследованном районе не ухудшились, а даже улучшились.

Рассматривая ход роста ели перед усыханием можно сказать, что у елей старшего поколения (190 лет и более (на у. г.)) снижение приростов перед усыханием не выражено. Так, из 16 модельных елей 12 не изменили приростов, 2 снизили и 2 увеличили приросты (более чем на 0.2 мм/год). Однако, из трех усохших модельных елей младшего поколения (60–100 лет на у. г.) все три снизили приросты перед усыханием, в то время как среди живых елей этого возраста в эти годы прирост снизился у 30%.

Резкие увеличения приростов по радиусу (release), которые связывают с освобождением от угнетения другими деревьями, то есть с отпадом в древостое (Rubino, McCarthy, 2004), обнаруживаются только у половины елей и пихт верхних ярусов. Они приурочены к разным периодам жизни деревьев, при этом, несколько скачков прироста отмечается у единичных деревьев. Наибольшее количество освобождений произошло в: 1896–1906 (26% деревьев); 1936–1946 (24%); 1946–1956 гг. (29%). Два последних пика освобождений приходятся на период возникновения (после 100-летнего перерыва)



Рис. 7. Травмы стволов елей: а – подпалы; б – зарубка; с – травма от камнепада (крупный камень у основания ствола); д – свежая травма ствола.

Fig. 7. Injuries to spruce trunks: а – burns; б – nick; с – rockfall injury (large stone at the base of the trunk); д – recent trunk injury.



Рис. 8. Очаг усыхания в пихто-ельнике крупнопоропотноково-кисличном Джамагатского лесничества.

Fig. 8. The group of drying in the fir-spruce large-fern-wood-sorrel forest in Djamaगत forestry.

младшей возрастной группы современного древостоя и старых пней от выборочной рубки. А.Я Орлов (Orlov, 1951), изучавший на Кавказе развитие хвойного подростка в разных условиях, отмечает резкое увеличение приростов по высоте и радиусу после изреживания (вырубки) материнского древостоя.

Оценивая фитопатологическую обстановку на высохшем склоне, нужно отметить прежде всего, что фаунистость в древостое очень велика: стволовая гниль присутствовала у 42% пробуренных деревьев (при выборке наименее гнилых). Первопричиной загнивания, по-видимому, является регулярное травмирование стволов падающими камнями, низовыми пожарами и старыми зарубками (рис. 7). У многих деревьев центральная гниль занимала большую часть ствола. Плодовых тел корневой или еловой губки (*Heterobasidion parviporum* Niemelä et Korhonen, *Phellinus chrysoloma* (Fr.) Donk.) отмечено не было. Гифов опенка (*Armillaria* sp.), нередко являющегося причиной усыхания ели, при осмотре нескольких сотен стволов I яруса выявлено не было.

Как и во всех обследованных массивах, признаков массового заболевания бактериозом здесь не обнаружено. Характерные для него признаки (Черпак, 2011) отмечены лишь у единичных пихт, в виде ярко-рыжей хвои. Признаков “водянки” при взятии ядер живых и усохших хвойных деревьев не отмечено.

Зараженность насекомыми-вредителями велика. Были обнаружены многочисленные ходы короеда-типографа (*Ips typographus* L.), большого хвойного рогохвоста (*Urocerus gigas* L.), усачей разных видов (*Monochamus* sp.), смолевки пихтовой (*Pissodes piceae* Illiger) и др.

Джамагатское лесничество. Здесь отмечено диффузное и очаговое усыхание, преимущественно ели. В этом лесничестве нами были обследованы массивы елово-пихтовых лесов (табл. 1, 2) на пологих склонах 10–25°, по правому (ПП № 6 и 7) и левому (ПП № 8 и 9) берегам р. Улу-Муруджу. Высота 1430–1470 м над ур. м., экспозиция склонов З и С–З. Мощность почвы составляла от 10 до 35 см и более. Крупномерный валеж редок.

На ПП № 6 имеет место только диффузное усыхание. Тип леса – елово-пихтарник зеленомошно-мертвопокровный. В древостое представлены ель (480 экз./га), пихта (640 экз./га), бук восточный (*Fagus orientalis* Lipsky) (80 экз./га) и тис ягодный (*Taxus baccata* L.) (III ярус, 240 экз./га). Диаметр отдельных елей и пихт достигал 90 см, высо-



Рис. 9. Очаги усыхания пихто-ельника папоротниково-мелкотравного в Домбайском лесничестве.

Fig. 9. Groups of drying in the fir-spruce fern—small-herb forest in Dombay forestry.

та 30 м. Средний диаметр елей составил 44 см. Подлесок не выражен, в напочвенном покрове доминируют кислица и зеленые мхи.

Подрост малочисленный (320 экз./га), преобладают угнетенные ели выше 2 м. Много всходов тиса (12500 экз./га) и пихты (2500 экз./га).

Как и в Гоначхирском лесничестве, в древостое представлены две возрастные группы — 185–240 лет и 50–90 лет (на у. г.) (рис. 5). Однако, старшее поколение немногочисленно. Усыхают единично крупные старые ели I яруса, а в основном представлен низовой отпад угнетенных экземпляров ели и пихты из III яруса и подроста.

Радиальные приросты елей в течение жизни составляли от 0.1 до 3.4 см/10 лет. У 3 из 4 елей старшего поколения в период с 1905 по 1910 гг. произошло скачкообразное увеличение приростов, в результате прирост увеличился с 0.3–0.8 мм/год до 2.8–3.3 мм/год. Синхронность освобождений указывает на значительное нарушение, произошедшее около 110 лет назад.

Фитопатологическая обстановка на данном участке сложилась более благоприятно: из 9 пробуренных елей верхнего яруса стволовая гниль оказалась у 1 ели. Плодовых тел еловой и корневой губки, а также гифов опенка не обнаружено. Очаги массового размножения насекомых-вредителей отсутствуют.

ПП № 7, 8, 9 были заложены в очагах усыхания пихто-ельника крупнопоротниково-кисличного (рис. 8). Площадь очагов усыхания составляла 0.30 га, 0.24 га и 0.19 га.

Древостой состоит из ели (1200 экз./га) и пихты (115 экз./га) II яруса (средний диаметр ели 43 см, высота — 25–27 м), с единичной примесью осины (*Populus tremula* L.) и бука. I ярус древостоя был редкостойным, сейчас он представлен отдельными сохранившимися елями и пихтами диаметром до 86 см и высотой более 30 м. Большая часть елей и пихт I яруса выпала ранее в разное время (сохранились крупномерные пни и валеж разной степени разложения).

Подлеска почти нет; в травяно-кустарничковом ярусе доминирует *Oxalis acetosella* L.; в моховом — *Hylocomium splendens* (Hedw.) BSG и *Pleurozium schreberi* (Brid.). Много всходов пихты (7.5–17.5 тыс. экз./га) и, местами, тиса восточного (до 15 тыс. экз./га).

Подрост ели и пихты немногочисленный (в среднем 430 экз./га) и неблагонадежный.

В древостое представлено в основном 75–115-летнее поколение (91% елей). Соотношение живых и сухих елей и пихт (по трем очагам усыхания) 1:3.

Приросты по радиусу елей верхнего яруса составили от 0.4 до 5.8 см/10 лет. Резкое увеличение приростов по радиусу (“освобождение”) отмечено только у 163-летней модельной ели, около 1906 г. Из 12 модельных елей у 8 елей приросты в последнее десятилетие перед усыханием снизились (до 0.2–0.8 см/10 лет), у 4 – не изменились или немного увеличились.

Очаги усыхания здесь короедные. Помимо короеда-типографа, отмечены смолевка пихтовая, большой хвойный рогахвост и усачи разных видов. Пик усыхания приходится на 2016 г., однако есть единичные деревья 2017-го года усыхания.

Из грибных заболеваний выявлена стволовая гниль у единично сохранившихся елей старшего поколения (старше 200 лет).

Домбайское лесничество. Как и в предыдущем лесничестве, на обследованных участках отмечено диффузное и очаговое усыхание ели (табл. 1). Участки расположены на крутых склонах 30–50°, на правом (ПП № 12) и левом (ПП № 10, 11) берегах р. Аманауз. Высота 1710 м над ур. м., экспозиция склонов Ю–З и В. Почвенный слой тонкий, в редких случаях достигает 30 см, но в основном не превышает 10–15 см, часто встречаются выходы скал. Древостой сильно разреженный, с большим количеством окон, крупномерный валеж разновозрастный.

ПП № 10 заложена на участке диффузного усыхания ели в редкостойном пихто-ельнике мертвопокровно-папоротниково-овсяницевом, с крупномерным валежом ели, пихты и бука.

Древостой размещен неравномерно, куртины деревьев чередуются с крупными прогалинами, полянами и окнами. Древостой состоит из ели (в среднем 200 экз./га), пихты (125 экз./га), бука (75 экз./га). Изреженный древостой здесь наиболее старый из всех обследованных пробных площадей (рис. 5). Возраст пробуренных елей составил 200–350 лет (на у. г.), возраст пихты – 220 лет (на у. г.). Диаметр наиболее крупных елей – более 100 см (на у. г.). Избирательности усыхания по возрасту не выявлено.

В подлеске (35%) доминирует *Fagus orientalis* Lipsky (табл. 2). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 35%, преобладают *Polystichum braunii* (Spenn.) Fée и *Festuca altissima* All.

Подрост хвойных немногочисленный (800–900 экз./га), размещен неравномерно (куртинами), но хорошей жизнеспособности. В подросте преобладает ель 2–5 м высотой (550 экз./га) и пихта до 2 м высотой (380 экз./га); соотношение ели и пихты 2 : 1.

Радиальные приросты ели в течение жизни колебались от 0.4 до 2.6 см/10 лет. Скачки приростов отмечены у двух елей из четырех, в 1980-е годы.

Наиболее крупные деревья имеют старые повреждения стволов и стволовую гниль.

ПП № 11, 12 находятся в очагах усыхания пихто-ельника папоротниково-мелкотравного. ПП № 11, расположена недалеко от ПП № 10, на склоне восточной экспозиции; ПП № 12 – на противоположном западном склоне (рис. 9). Оба склона крутые (35–50°), мощность почвы невелика (в среднем 15 см).

Площадь очага усыхания на ПП № 11 – 0.12 га. Усыхание 2014–2017 гг. Древостой состоит из ели и пихты в соотношении 3 : 1. Высота I яруса – около 30 м, диаметры елей верхних ярусов 21–145 см, в среднем 64 см. Плотность исходного древостоя в среднем 1000 экз./га (в пересчет включены сухоломные пни). Пихта сохранилась, а из елей верхнего яруса 1/3 деревьев усохла.

На ПП № 12 очаг усыхания имеет площадь 0.16 га. Усыхание 2010–2016 гг. Исходная плотность древостоя была сходной, соотношение ели и пихты 3 : 1. Сейчас лес более разреженный, чем на ПП № 11 и меньше крупномерных стволов. Диаметры елей 27–78 см, в среднем 59 см. В древостое пихта почти вся сохранилась, а среди елей усохло 3/4 деревьев.

Проективное покрытие подлеска составляет 15–35%. В травяно-кустарничковом ярусе (60–65%), доминирует кислица. Единично встречаются всходы тиса.

На ПП № 11 хвойного подроста почти нет (50 экз./га): сохранились только отдельные угнетенные экземпляры. На ПП № 12 подрост хвойных хорошей жизненности, до 3 м высотой, количество елового подроста составляет 400 экз./га, пихтового – 200 экз./га. Отмечены единичные всходы ели и тиса.

Возрастная структура древостоя представлена на рис. 5. По сравнению с другими участками, древостой наиболее разновозрастный. Возраст модельных елей в очагах усыхания составил 100–322 года. На ПП № 11 древостой немного старше – в среднем 208 лет, а в изреженном древостое ПП № 12 – в среднем 173 года (старые деревья, по-видимому, в основном уже выпали). Среди сухостоя больше крупномерных стволов, чем среди живых елей; избирательность усыхания по возрасту не выражена.

Радиальные приросты в течение жизни у разных моделей составляют от 0.2 до 5.2 см/10 лет. В целом, приросты елей на ПП № 11 и 12 отличаются выравненностью, отсутствием у большинства деревьев резких подъемов и спадов по десятилетиям. Освобождения отмечены у 2 елей из 16 (по одному разу в течение жизни). Снижения радиальных приростов елей перед усыханием не происходило.

Как и на других участках, наиболее крупные ели в древостое имеют заметные повреждения ствола (следы зарубок и палов) и стволовые гнили. Осмотр пней ветроломных елей показал, что прижизненная стволовая гниль присутствовала у 100% деревьев. Среди выбранных для бурения (наиболее крепких) стволов гниль присутствовала у 30%.

Тебердинское лесничество. Здесь были заложены 2 пробные площади (табл. 1, 2) на правом берегу р. Теберда. Высота 1390–1420 м над ур. м. ПП № 14 расположена на пологом склоне (крутизной 10–15°) на участке смешанного буково-пихто-елового леса мелкотравно-кисличного с диффузным усыханием отдельных деревьев. Почвенный слой около 30 см и более. В целом, древостой находится в неплохом состоянии, однако, как и на других участках регулярно встречаются старые зарубки.

ПП № 13 расположена на ровном участке, в ельнике кисличном с примесью бука. Мощность почвы около 30 см. Пробная площадь заложена в короедном очаге усыхания площадью 0.3 га. Древостой состоит из ели (1600 экз./га) и пихты (800 экз./га); соотношение ели и пихты на соседних участках от 2 : 1 до 1 : 1. В очаге усыхания усохло 13 елей и 2 пихты верхнего яруса, что составляет менее 3% деревьев. Диаметр елей верхних ярусов составил 27–85 см, в среднем 51 см. Усыхают в первую очередь крупномерные ели. Преобладают ели 120–165 лет (на у. г.) (рис. 5), средний возраст 143 года. То есть, это наиболее молодой из обследованных участков. Избирательности усыхания ели по возрасту не наблюдается.

Подлесок (проективное покрытие 15%) состоит из бука восточного. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 75%, доминирует *Oxalis acetosella* L. В моховом ярусе (40%) доминируют *Pleurozium schreberi* (Brid.) и *Hylocomium splendens* (Hedw.) BSG. Подрост единичный. Много всходов пихты и клена платановидного (*Acer platanoides* L.) (до 40 тыс. экз./га), встречаются всходы ели, бука и тиса (местами до 10 тыс. экз./га).

Ход роста модельных деревьев свидетельствует о благоприятных лесорастительных условиях в начале жизни большинства елей (скорее всего условия свободного роста). Только две, самые молодые (91 и 106 лет (на у. г.)), модельные ели имели небольшие приросты в начале жизни. И только у них обнаруживаются скачки приростов (в 1930-х и 1950-х гг.), у остальных елей освобождения отсутствуют. В целом, среди всех елей древостоя приросты различаются в пределах 0.1–4.7 см/10 лет.

Радиальные приросты елей в Тебердинском лесничестве соответствуют данным А.Я. Орлова (Orlov, 1951), характеризующим ход роста 150-летней ели в елово-пихтарнике I бонитета на ровном участке с мощным слоем почвы.

Очаг усыхания короедный (преобладает короед-типограф). Количество стволов с повреждениями значительно меньше, чем на склонах. Стволовая гниль отмечена у 10% модельных деревьев (при выборке наиболее крепких).

ОБСУЖДЕНИЕ

Предпосылки и причины усыхания. По данным исследователей, изучавших усыхание еловых лесов в разных регионах распространения видов ели, общими предрасполагающими к массовому усыханию факторами являются: монодоминантность древостоя, его старовозрастность, резкое преобладание одного возрастного поколения (относительная одновозрастность) (Манко, 1987; Nevolin et al., 2005). Кроме этого, как отмечал А.Я. Орлов (Orlov, 1951) в горах Кавказа, катастрофическим распадам наиболее подвержены ельники с маломощными почвами на крутых склонах.

В разнопородном лесу обычно находятся породы, устойчивые к конкретному ослабляющему фактору или специализированному патогену, что придает устойчивость древостою в целом. Поэтому, монодоминантность древостоя является фактором нестабильности. Показано, например, что усыхание ели от короедов в засушливые годы больше в чистых ельниках, чем в смешанных древостоях (Malakhova, Krylov, 2012). В рассматриваемых бидоминантных темнохвойных древостоях пихта Нордмана считается более устойчивой, чем ель восточная, по отношению к засухам (более глубокая корневая система) и короеду-типографу (Orlov, 1951). Примесь других пород здесь мала. В обследованных пихто-ельниках Джамагатского, Домбайского и Тебердинского лесничеств заповедника соотношение ели и пихты варьировало от близкого к 1 : 1 до 10 : 1, а чаще составляло 2–3Е:1П. В очагах усыхания было заметно, что усыхает в основном ель. В Гоначирском лесничестве на месте сплошного усыхания соотношение пород не было установлено из-за ненадежности определения старого сухостоя. По данным лесоустройства заповедника 1950 г. усохший древостой в исследованных кварталах имел приблизительно равное соотношение пихты и ели верхних ярусов. То есть, при сплошном усыхании в Гоначирском лесничестве усохли деревья обеих пород. Мы предполагаем, что на маломощных почвах горных склонов пихта не реализует своих возможностей развития глубокой корневой системы и по устойчивости в таких условиях мало отличается от ели. По данным С.М. Бебия (Bebia, 2015) в последние десятилетия на Черноморском побережье Кавказа наблюдается усыхание пихтарников, что автор связывает с современными изменениями климата.

Анализ возраста ели в обследованных древостоях показал, что в наиболее пострадавшем от усыхания Гоначирском лесничестве подавляющее большинство деревьев имело возраст 230–250 лет (на у. г.) (92% елей I яруса). Для ели восточной это возраст далеко не предельный, она доживает до 500–600 лет (Orlov, 1951; Tkachenko, 1952). В других лесничествах, где ель усыхает в настоящее время диффузно или группами, только в Домбайском имеются ели, живые и усохшие, возрастом до 350 лет (на у. г.). На большинстве же участков деревья моложе: до 240 лет в Джамагатском и до 165 лет (на у. г.) в Тебердинском лесничестве. Таким образом, старовозрастность не является здесь основной предпосылкой усыхания.

На всех обследованных участках избирательности усыхания деревьев по возрасту не наблюдается: в пределах образовавшегося очага усыхания в равной мере охватывает представленные в древостое возрастные группы.

Условно одновозрастными (с большим доминированием одного поколения) оказались ельники в трех из четырех обследованных лесничествах. По данным А.Я. Орлова (Orlov, 1951) одновозрастные ельники чаще встречаются в восточной, более континентальной части области распространения ели на Кавказе. Они приурочены к крутым и сухим каменистым склонам, либо расположены вблизи поселков с многовековой историей. Одновозрастность ельников на склонах автор объясняет тем, что они более

Таблица 3. Расчет гидротермического коэффициента (ГТК) по данным метеостанции Теберда (<https://tr5.ru/>).**Table 3.** Calculation of the hydrothermal coefficient (HTC) according to the Teberda weather station

Год Year	Годовое кол-во осадков, мм/ Annual amount of precipitation, mm	Кол-во осадков в период с $t \geq 10^\circ\text{C}$, мм/ Amount of precipitation in the period with $t^\circ \geq 10^\circ\text{C}$, mm	ГТК (по Селянину)/ HTC (according to Selyaninov)	Сумма температур за период со среднесуточной $t \geq 10^\circ\text{C}$ / The sum of temperatures for the period with the average daily $t^\circ \geq 10^\circ\text{C}$
2010	629	328	1.5	2252
2011	634	346	1.5	2361
2012	715	382	1.4	2728
2013	860	339	1.6	2089
2014	835	455	2.0	2258
2015	755	275	1.1	2461
2016	938	413	2.0	2020

Таблица 4. Развитие подроста *Picea orientalis* и *Abies nordmanniana*.**Table 4.** The development of undergrowth of *Picea orientalis* and *Abies nordmanniana*

Порода и высота подроста/ Species and height (m) of undergrowth	Прирост главной оси подроста в высоту, см за год/ Height increase of the main axis of undergrowth, cm per year						
	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Гоначхирское лесничество/Gonachhir forestry							
Ель (Spruce) 0.7 м	15	5	4	2	2	4	
Ель (Spruce) 1.6 м	22	14	4.5	4.5	4	4.5	7
Ель (Spruce) 1.9 м	25	14	6	7	3	12	
Ель (Spruce) 2.2 м	8	18	20	15	8	9	3
Пихта (Fir) 0.45 м	10	7	5	1.5	1.5	2.5	
Пихта (Fir) 2 м	11	14	12	7	8	14	2
Домбайское лесничество/Dombay forestry							
Ель (Spruce) 1.1 м	8	12	12	8	8	3	8
Ель (Spruce) 1.6 м	7	12	14	15	13	8	9
Ель (Spruce) 2.5 м	18	23	21	18	24	31	
Пихта (Fir) 2.5 м	20	21	20	20	17	28	23

всего подвержены пожарам, ветровалам и усыханию. По нашим дендрохронологическим данным из трех условно разновозрастных древостоев два в течение своего существования подвергались единовременному сильному изреживанию. Как известно, число деревьев со скачками прироста (release) пропорционально величине произошедшего отпада (Kozin, 1982; Guldin, Lorimer, 1985; Lorimer, Frellich, 1989; Frellich, Lorimer, 1991; Black, Abrams, 2004). В Гоначхирском лесничестве распад древостоя, вызвавший резкое увеличение приростов сохранившихся елей и последующий взрыв возобновления произошел в 1930-х гг., в Джамагатском – в 1890-х гг. (рис. 6). О причинах нарушений, вызвавших отпад, трудно говорить определенно. Депрессия приростов 1890-х гг., отразившаяся на древостое всех лесничеств (максимально в Джамагатском), по времени совпадает с крупнейшей засухой 1890–1891 гг. (Maslov, 2010). Кро-

ме того, низовые пожары бывали здесь неоднократно, а пни от выборочной рубки встречаются нередко.

Крутизна склонов и связанная с ней малая мощность каменистых почв также являются фактором нестабильности, предрасполагающим пихто-ельники к усыханию. По данным Б.А. Миронова (Mironov, 1961) и А.П. Клинцева (Klintsov, 1968) при крутизне склона более 15° поверхностный сток начинает значительно превосходить внутрипочвенный. В засуху почва быстро пересыхает, и ель испытывает недостаток влаги. Более поверхностная, чем на глубоких почвах корневая система способствует обрыву корней при раскачивании ветром, что приводит к ослаблению елей или к ветровалу. Неизбежные на крутых склонах камнепады травмируют деревья — следы травм от них видны на многих стволах. И, наконец, на крутых склонах быстрее распространяется огонь. Пожарные подпалы разного времени повсеместно встречаются на елях. Как явствует из перечисленных особенностей условий произрастания ельников на крутых склонах, травмирование стволов и корней деревьев здесь — характерное явление. У пробуренных деревьев нам встречались 100-летние наплывы, вызванные старыми травмами. Это, несомненно, повлияло на общую ослабленность рассмотренных древостоев на склонах, где количество гнилых стволов к перестойному возрасту деревьев достигает 100%.

Короед-типограф, в последние годы один из основных виновников гибели ельников, в первую очередь заселяет ослабленные деревья. Как было показано О.А. Катаевым (Kataev, 1990), они отличаются от здоровых количеством и качеством живицы, препятствующей втачиванию короедов. Нужно сказать, что короеды в темнохвойных лесах Кавказа не новость. Так, например, А.Я. Орлов (Orlov, 1951) одной из причин усыхания ельников в бассейне р. Б. Лабы в 1930-х гг. отмечает нападение короедов, размножившихся на соседних захламленных лесосеках. Однако, этот же автор, при обследовании в 1940-х гг. темнохвойных лесов по всему Северному Кавказу, не встречал очагов группового усыхания ели площадью более 0.5 га. В подавляющем большинстве эти леса были разновозрастными. По данным А.Д. Маслова (Maslov, 2010), разновозрастность древостоя сдерживает массовое размножение короедов (в том числе за счет равномерного отпада и возобновления).

Еще одним фактором неустойчивости, предрасполагающим к усыханию древостоя, в Гоначхирском лесничестве является исключительно равномерное размещение деревьев по площади и слабая их дифференциация по размеру; массив леса выглядит совершенно однородным. Это противоположно характеристике устойчивых лесных сообществ по В.Г. Стороженко (Storozhenko et al., 1992), где важным признаком является групповое, мозаичное размещение деревьев по площади. Среди всех обследованных нами пихто-ельников в Тебердинском заповеднике только полностью усохший массив Гоначхирского лесничества отличался однородностью древостоя. Возможно, именно этим объясняется то, что при отсутствии избирательности усыхания по возрасту во всех обследованных очагах усыхания, полностью высох разновозрастный массив Гоначхирского лесничества, а более старый, но разновозрастный в Домбайском — сохранился.

Анализируя метеоусловия с 2010 по 2016 гг., в период массового усыхания пихто-ельников Тебердинского заповедника, мы пришли к выводу, что он не выделялся экстремальными засухами. Так, по данным метеостанции “Теберда” летний период 2011 г. по температуре и осадкам мало отличался от средних многолетних метеоданных. 2012 г. был теплее предыдущих. Сумма активных температур в 2012 г. возросла на 177.5°C (Leporis prirody..., 2012).

Оценка засушливости по гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова (Selianinov, 1930) (табл. 3) показывает, что только 2015 г. характеризуется, как “слабозасушливый” (ГТК = 1.0–1.3).

2012 г. мало отличался по увлажнению от предыдущих лет. Однако, приросты в высоту главной оси хвойного подроста из разных лесничеств (табл. 4) показывают депрессию прироста 2011–2014 гг., наиболее сильно проявившуюся в 2012 г. Это свидетельствует о неблагоприятных для ели и пихты климатических условиях в этот период.

По сумме температур 2012 и 2015 гг. превышают показатели других лет за рассмотренный период. По данным А.Д. Маслова (Maslov, 2010), при сумме температур 1500°C и более у короэда-типографа могут развиваться 2 основных и 2–3 сестринских поколения. То есть, все рассмотренные годы были благоприятны для короэда-типографа по сумме температур.

Как видно из приведенных данных, 2010–2016 годы по температуре и влажности в вегетативный период не были экстремальными для ели и пихты, но эти же годы были чрезвычайно благоприятными для увеличения численности короэда-типографа и других вредителей.

Таким образом, в пихто-ельниках Тебердинского заповедника действует целый комплекс факторов неустойчивости древостоя, которые в Гоначхирском лесничестве привели к массовому усыханию. Здесь ельники расположены на крутых склонах с маломощными почвами и выходами скал; преобладает 230–250-летнее поколение. Непосредственными причинами усыхания является вспышка численности короэда-типографа в сочетании с многолетней ослабленностью деревьев стволовыми гнилями на фоне жаркого лета 2012 и 2015 гг.

Особенности динамики и перспективы развития пихто-ельников. По результатам обследования очагов усыхания ели в Тебердинском заповеднике, большинство пихто-ельников оказались условно одновозрастными. Это свидетельствует о том, что они сформировались не под материнским пологом – либо на месте катастрофического распада темнохвойного леса, либо под пологом вторичных пород. Это подтверждается тем, что деревья не имеют ни выраженного периода угнетения в начале жизни, ни “освобождения” после него.

В Гоначхирском лесничестве высохший пихто-ельник, по-видимому, имеет послепожарное происхождение. Помимо перечисленных выше признаков, на это также указывают регулярно встречающиеся крупные угли и небольшая примесь сосны. По данным Т.М. Джапаридзе и Т.Ф. Урушадзе (Dzharidze, Urushadze, 1973), под пологом послепожарного сосняка ель и пихта возобновляются особенно успешно. Л.И. Соснин (Sosnin, 1949) указывает на хорошее возобновление ели самосевом на месте сторевшего пихтарника в Кавказском заповеднике. О различном происхождении высохшего древостоя и ныне формирующегося свидетельствует также равномерное распределение деревьев верхнего яруса по площади и крайне неравномерное размещение современного хвойного подроста.

По материалам А.Я. Орлова (Orlov, 1951), в оптимальных условиях произрастания ели восточной и пихты Нордмана, в бассейне р. Б. Лабы, с наиболее продуктивными пихто-ельниками (по высоте, диаметру, запасу древесины) преобладали разновозрастные древостои, в то время как восточнее чаще встречались одновозрастные. Мы полагаем, что нестабильность рассматриваемых древостоев, вероятно, усугубляется расположением их вблизи восточной границы распространения кавказских ельников. Однако, мы разделяем мнение Ю.И. Манько (Manko, 1987), считающего, что лесные резерваты на границе распространения ели особенно важны для закрепления позиции вида (в нашем случае – ели восточной).

В целом на всех обследованных участках очагового и сплошного усыхания перспективы восстановления пихто-ельников зависят от последующего лесовозобновления, поскольку количество предварительного хвойного подроста явно недостаточное. Особенно это актуально в массиве сплошного усыхания. При условии отсутствия пожаров, здесь возможны два варианта восстановления: к куртинам предварительного подроста постепенно подселится либо самосев хвойных, что придаст древостою большую

устойчивость за счет разновозрастности, либо на месте сухостоя поселятся вторичные породы, что, в целом, также придаст массиву бóльшую устойчивость, по сравнению с послепожарным материнским древостоем. Сохранение и дальнейшее развитие оставшихся пихто-ельников, то есть постепенное превращение их в более устойчивые разновозрастные древостои, будут зависеть от санитарной обстановки окружающих лесов, климатических изменений и поддержания заповедного режима территории.

По данным С.А. Дыренкова (Dyrenkov, 1984), именно разновозрастные ценопопуляции ели обладают наибольшей устойчивостью всех параметров. Полученные нами данные показывают, насколько длителен срок приобретения древостоем разновозрастности, необходимой для устойчивости. Разновозрастный пихто-ельник сформировался здесь не менее чем за 360 лет (у ели аянской разновозрастный древостой формируется за 350–500 лет (Manko, 1987)). К 270-летнему возрасту тебердинских древостоев в них представлены еще только две возрастные группы, а к 170 годам – только одна. Но именно в силу длительности этого процесса, исключительно ценны не только разновозрастный массив Домбайского лесничества, но и относительно одновозрастные пихто-ельники Джамагатского и Тебердинского лесничеств, уже прошедшие длительный путь в сторону повышения устойчивости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты обследования темнохвойных лесов Тебердинского заповедника показали, что причинами усыхания стала совокупность неблагоприятных факторов, основные из которых: относительная одновозрастность, многолетняя ослабленность деревьев стволовыми гнилями, вспышка численности короеда-типографа на фоне жарких 2012 и 2015 гг. Особенностью динамики обследованных пихто-ельников являются регулярные сплошные распады древостоя, приводящие к преобладанию одновозрастных массивов. В этих условиях перспективы восстановления усохших древостоев определяются в основном успешностью последующего хвойного возобновления. Сохранение оставшихся пихто-ельников будет зависеть от санитарной обстановки окружающих лесов, климатических изменений и поддержания заповедного режима территории.

Наше обследование показало, что разновозрастность древостоя является наиболее значимым фактором его устойчивости. При множестве дестабилизирующих факторов в Домбайском лесничестве пихто-ельники здесь до сих пор сохраняются, по-видимому, благодаря своей разновозрастности (они уже на сто лет старше усохшего массива Гоначхирского лесничества).

В целом, результаты нашей работы свидетельствуют об исключительной ценности разновозрастных темнохвойных лесов, как наиболее сбалансированных и устойчивых сообществ, сохранение которых имеет первостепенное природоохранное значение.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам Тебердинского заповедника и его директору Джуккаеву Таулану Маркисовичу за содействие в проведении исследования. Мы благодарим также сотрудника Санкт-Петербургского лесотехнического государственного университета Нешатаева Михаила Васильевича за помощь при сборе материала. Выражаем благодарность ведущему научному сотруднику отдела молекулярной генетики Института экспериментальной медицины РАМН, энтомологу, д. б. н. Мандельштаму Михаилу Юрьевичу за консультации и помощь в определении насекомых-вредителей.

Работа выполнена по плановой теме “Растительность Европейской России” № AAA-A17-117071760037-0.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Agafonov] Агафонов М.В. 1908. Лес и лесное хозяйство в Брянском лесном массиве. — Труды по лесному опытному делу в России. СПб. 12: 1–108.
- [Bebia] Бебия С.М. 2015. Лесные ресурсы Черноморского побережья Кавказа: проблемы и перспективы их рационального использования. — Сибирский лесной журнал. 1: 9–24.
- [Berozashvili] Берозашвили Т.И. 1973. Результаты исследования темнохвойных лесов Боржомского ущелья, поврежденных большим еловым лубоедом, и разработка мероприятий по повышению их устойчивости: Автореф. дис. канд. с.-х наук. Л. ЛТА. 20 с. (Цит. по: Рожков А.А., Козак В.Т. 1989. Устойчивость лесов. М. 239 с.).
- [Black, Abrams] 2004. Development and application of boundary-line release criteria. — *Dendrochronologia*, 22: 31–42.
- [Vogatyrev, Seryakov] Богатырев Ю.Г., Сeryakov А.Д. 1995. Водный режим ели европейской в условиях засухи. — *Лесоведение*. 4: 34–43.
- [Cherpakov] Черпаков В.В. 2011. Бактериозы лесных пород: диагностика, специфичность патологических процессов. — Матер. Всероссийской конф. с межд. участием и V ежегодных чтений памяти О.А. Катаева “Болезни и вредители в лесах России: век XXI”. Красноярск. С. 96–98.
- [Czerepanov] Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. 992 с.
- [Dyrenkov] 1984. Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л. 173 с.
- [Dzhaparidze, Urushadze] Джапаридзе Т.М., Урушадзе Т.Ф. 1973. Особенности девственных ельников Грузии. Тбилиси. 97 с.
- [Fedorov] Федоров Н.И. 2000. Основные факторы региональных массовых усыханий ели в лесах Восточной Европы. Грибные сообщества лесных экосистем. — Матер. координац. исслед. М.—Петрозаводск. С. 252–291.
- [Fedorov, Sarnatskiy] Федоров Н.И., Сарнацкий В. В. 2001. Особенности формирования еловых лесов Беларуси в связи с их периодическим массовым усыханием. Минск. 180 с.
- Frelich L.E., Lorimer C.G. 1991. Natural disturbance regimes in hemlock-hardwood forests of the upper Great Lakes region. — *Ecological Monographs*. 64(2): 145–164.
- Guldin J.M., Lorimer C.G. 1985. Crown differentiation in even-aged northern hardwood forests of the Great Lakes region, U.S.A. — *Forest Ecology and Management*. 10: 65–86.
- [Gulisashvili] Гулисашвили В.З. 1941. Ель восточная (*Picea orientalis* Link.) у восточной границы своего распространения на Главном Кавказском хребте. — Заметки по систематике и географии растений. Тбилиси. 10: 20–21.
- [Izhevskiy et al.] Ижевский С.С., Никитский Н.Б., Волков О.Г., Долгин М.М. 2005. Иллюстрированный справочник жуков-ксилофагов — вредителей леса и лесоматериалов Российской Федерации. Тула. 220 с.
- [Kataev] Катаев О.А. 1990. Динамика естественного отпада в древостоях ели. — *Лесоведение*. 6: 33–40.
- [Klintsov] Клинтсов А.П. 1968. О внутрипочвенном стоке воды в горных лесных условиях Сахалина. — *Лесной журнал*. 5: 163–166.
- [Kozin] Козин Е.К. 1982. О цикличности развития девственных лесов Сихотэ-Алиня. — *Лесоведение*. 3: 24–31.
- [Kurentsov] Куренцов А.И. 1950. К вопросу об усыхании аянской ели в горах Сихотэ-Алиня. — Комаровские чтения ДВ филиала АН СССР. Вып. II. Владивосток. С. 3–19.
- [Kuznetsov] Кузнецов Н.А. 1912. Задвинские ельники. К вопросу о массовом подсыхании ели и в связи с ним о некоторых изменениях в хозяйстве пиловочных дач. — *Лесной журнал*. 10: 1164–1204.
- [Letopis prirody...] Летопись природы Тебердинского заповедника, 2010, 2012.
- Lorimer C.G., Frelich L.E. 1989. A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests. — *Canadian Journal of Forest Research*. 19: 651–663.
- [Malakhova, Krylov] Малахова Е.Г., Крылов А.М. 2012. Усыхание ельников в Клинском лесничестве Московской области. — *Изв. Самарского науч. центра РАН*. 14 (18): 1975–1978.
- [Malakhova, Lyamtsev] Малахова Е.Г., Лямцев Н.И. 2014. Распространение и структура очагов усыхания еловых лесов Подмосковья в 2010–2012 годах. — *Известия СПбЛТА*. 207: 193–201.
- [Manko] Манько Ю.И. 1987. Ель аянская. Л. 280 с.
- [Manko, Gladkova] Манько Ю.И., Gladkova Г.А. 2003. Массовое усыхание пихтово-еловых лесов на российском Дальнем Востоке: основные итоги изучения. — *Комаровские чтения*. Владивосток. 49: 131–171.
- [Maslov] Маслов А.Д. 2010. Короед-типограф и усыхание еловых лесов. Пушкино. 135 с.
- [Mironov] Миронов Б.А. 1961. Гидрологические особенности лесов Ильменского заповедника. — *Труды ин-та биологии Уральского фил. АН СССР*. 25: 158–171.

[Nevolin et al.] Неволин О.А., Грицынин А.Н., Торхов С.В. 2005. О распаде и гибели высоковозрастных ельников в Березниковском лесхозе Архангельской области. — Лесной журнал. 6: 7–22.

[Orlov] Орлов А.Я. 1951. Темнохвойные леса Северного Кавказа. М. 256 с.

[Orlov] Орлов А.Я. 1996. Особенности отношения ели европейской и некоторых других видов ели к недостаточной влагообеспеченности. — Лесоведение. 1: 84–93.

[Plokhinskiy] Плохинский Н.А. 1970. Биометрия. 2-е изд. М. 368 с.

[Pukinskaya] Пукинская М.Ю. 2009. Формирование еловых древостоев на сплошных вывалах Центрально-Лесного заповедника и проблема естественного восстановления ельников. — Бот. журн. 94 (11): 1657–1672.

[Pukinskaya] Пукинская М.Ю. 2016. Очаговое усыхание ели в южнотаежных ельниках. — Бот. журн. 101 (6): 650–671.

Rehfuess K.E. 1991. Review of forest decline research activities and results in the Federal Republic of Germany. *Journal of Environmental Science and Health*, 26 (3): 415–445.

[Rozenberg] Розенберг В.А. 1961. Некоторые вопросы развития пихтово-еловых лесов южного Сихотэ-Алиня. — Вопросы сельского и лесного хозяйства Дальнего Востока. 3: 195–215.

Rubino D.L., McCarthy B.C. 2004. Comparative analysis of dendroecological methods used to assess disturbance events. — *Dendrochronologia*, 21 (3): 97–115.

[Saradzhishvili] Сараджишвили Д.Г. 1962. Структура елово-пихтовых насаждений и рациональные методы хозяйственного освоения их. — Труды Тбил. ин-та леса. XI: 7–21.

[Selianinov] Селянинов Г.Т. 1930. К методике сельскохозяйственной климатографии. — Труды по сельскохозяйственной метеорологии. XXII (2): 45–91.

[Sosnin] Соснин Л.И. 1949. Восточная ель в Кавказском заповеднике. — Охрана природы. 7: 123–129.

Space photos URL: <https://www.google.com/earth/>

[Storozhenko et al.] Стороженко В.Г., Бондарцева М.А., Соловьев В.А., Крутов В.И. 1992. Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам. М. 221 с.

[Storozhenko et al.] Стороженко В.Г., Крутов В.И., Руоколайнен А.В., Коткова В.М., Бондарцева М.А. 2014. Атлас-определитель дереворазрушающих грибов лесов Русской равнины. М. 198 с.

[Timofeev] Тимофеев В.П. 1944. Борьба с усыханием ели. М. 48 с.

[Tkachenko] Ткаченко М.Е. 1952. Общее лесоводство. М.—Л. 600 с.

[Vlasenko] Власенко В.И. 2005. Усыхающие ельники среднего Сихотэ-Алиня. — Ритмы и катастрофы в растительном покрове Дальнего Востока: матер. Межд. науч. конф. 12–16 октября 2004г. Владивосток. С. 129–135.

Weather archive. URL: https://rp5.ru/Weather_in_Teberda

DRYING OF FIR-SPRUCE FORESTS OF THE TEBERDA NATURE RESERVE

M. Yu. Pukinskaya^{a,#}, D. S. Kessel^{a,##}, and K. V. Shchukina^a

^a Komarov Botanical Institute RAS Prof. Popov Str., 2, St. Petersburg, 197376, Russia

[#]e-mail: pukinskaya@gmail.com

^{##}e-mail: dasha_kessel@mail.ru

The study was conducted of drying of dark-coniferous forests on the Northern macro-slope of the Great Caucasus in the Teberda State Nature Biosphere Reserve. The study covered areas of Gonachhir, Teberda, Dombay, Gamagat forestries. The age structure of the dried and preserved parts of the reserve is analyzed. The results of the drying spots survey showed that the most fir-spruce forests of the Teberda Reserve were relatively even-aged. The growth course of the model spruce trees by radial growth through lifetime was studied; the average radial growth of spruce trees in early life (first 30 years) was analyzed; the number of trunks with rot was estimated. The estimation of the number, composition and vitality of undergrowth of forest-forming species was made. The phytopathological situation on dry slopes is surveyed. The weather conditions from 2010 to 2016, during the period of mass drying are analyzed. Features of forest stands dynamics, the preconditions and direct causes of drying of fir-spruce stands, and also prospects of their restoration are revealed.

The main reason of drying dark-coniferous forests of Teberda Reserve was a combination of unfavorable factors, the main of which are: a relatively even-aged forest stand, a long-term weakening of the trees by stem rot, the outbreak of bark beetles number against the back-

ground in hot 2012 and 2015. The prospects for the restoration of dead stands are determined by the success of the subsequent coniferous renewal. The preservation of the remaining fir-spruce forests will depend on the sanitary conditions of the surrounding forests, climatic changes and maintenance of the protected area regime. Our survey showed that the different age of the forest stand is the most important factor of its stability. The results of the work show the exceptional value of different-aged dark-coniferous forests as the most balanced and sustainable communities, the preservation of which is of paramount importance for nature protection.

Keywords: drying out of spruce forests, dynamics of spruce forests, stability of the stand, Teberda Reserve

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the staff of the Teberda Reserve and its director Taulan Markisovich Dzhukkaev for their assistance in conducting the study. We are also grateful to Mikhail Vasilievich Neshatayev (St. Petersburg State Forestry University), for his help in collecting the material. We express our gratitude to the leading researcher of the Department of Molecular Genetics of the Institute of Experimental Medicine of the Russian Academy of Medical Sciences, entomologist, doctor of biological sciences, Mikhail Yuryevich Mandelshtam for advice and assistance in identifying insect pests.

The work was performed within the institutional research project “Vegetation of European Russia” № AAA-A17-117071760037-0.

REFERENCES

- Agafonov M.V. 1908. Les i lesnoe khozyaystvo v Bryanskom lesnom massive. [Forest and forestry in the Bryansk forest area]. — Trudy po lesnomu opytному delu v Rossii St. Petersburg, 12: 1–108 [In Russ.].
- Bebia S.M. 2015. Forest resources of the Caucasian Black Sea Coast: problems and prospects of rational use. — Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Siberian Journal of Forest Science), 1: 9–24 [In Russ. with English abstract].
- Berozashvili T.I. 1973. Rezultaty issledovaniya temnokhvoynnykh lesov Borzhomskogo ushchelya, povrezhdennykh bolshim elovym luboedom, i razrabotka meropriyatiy po povysheniyu ikh ustoychivosti: Avtoref. dis. kand. c/kh nauk. [The results of the study of dark coniferous forests of the Borjomi gorge, damaged by a large spruce beetle, and the development of measures to improve their stability: autoref. dis. Kand. agricultural sciences]. Leningrad. 20 p. [In Russ.].
- Black B.A., Abrams M.D. 2004. Development and application of boundary-line release criteria. — Dendrochronologia, 22: 31–42.
- Bogatyrev Y.G., Seriaikov A.D. 1995. The water regime of European spruce under drought conditions. — Russian Journal of Forest Science. 4: 34–43 [In Russ.].
- Cherpakov V.V. 2011. Bakteriozy lesnykh porod: diagnostika, spetsifichnost patologicheskikh protsessov [Bacterioses of forest species: diagnosis, specificity of pathological processes]. — Materialy Vsepossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem i V ezhegodnykh chteniy pamyati O. A. Kataeva “Bolezni i vrediteli v lesakh Rossii: vek XXI”. Krasnoyarsk. P. 96–98 [In Russ.].
- Czerepanov S.K. *Plantae vasculares Rossicae et civitatum collimitanearum*. St. Petersburg. 992 p. [In Russ.].
- Dyrenkov S.A. 1984. Struktura i dinamika taezhnykh elnikov [Structure and dynamics of taiga spruce forests]. Leningrad. 173 p. [In Russ.].
- Dzhaparidze T.M., Urushadze T.F. 1973. Osobennosti devstvennykh elnikov Gruzii [Features of virgin spruce forests of Georgia]. Tbilisi. 97 p. [In Russ.].
- Fedorov N.I. The main factors of regional mass drying of spruce in the forests of Eastern Europe. Fungal communities of forest ecosystems. — Materialy koordinatsionnogo issledovaniya. Moscow-Petrozavodsk. P. 252–291 [In Russ.].
- Fedorov N.I., Sarnatskiy V.V. 2001. Osobennosti formirovaniya yelovykh lesov Belarusi v svyazi s ikh periodicheskim massovym usykhaniem [Features of formation of spruce forests in Belarus in connection with their periodic mass drying]. Minsk. 180 p. [In Russ.].
- Freligh L.E., Lorimer C.G. 1991. Natural disturbance regimes in hemlock-hardwood forests of the upper Great Lakes region. — Ecological Monographs. 64(2): 145–164.

Guldin J.M., Lorimer C.G. 1985. Crown differentiation in even-aged northern hardwood forests of the Great Lakes region, U.S.A. – *Forest Ecology and Management*. 10: 65–86.

Gulisashvili V.Z. 1941. Yel vostochnaya (*Picea orientalis* Link.) u vostochnoy granitsy svoego rasprostraneniya na Glavnom Kavkazskom khrebtse. – *Zametki po sistematike i geografii rasteniy* [Eastern spruce (*Picea orientalis* Link.) at the eastern border of its distribution on the Main Caucasus Range. – Notes on the systematics and geography of plants]. Tbilisi. 10: 20–21 [In Russ.].

Izhevskiy S.S., Nikitskiy N.B., Volkov O.G., Dolgin M.M. 2005. *Illustrirovannyi spravochnik zhukov-ksilofagov – vreditel'ey lesa i lesomaterialov Rossiyskoy Federatsii* [Illustrated reference book of beetles-xylophages – pests of forest and timber products of the Russian Federation]. Tula. 220 p. [In Russ.].

Kataev O.A. 1990. Dynamics of natural loss in spruce stands. – *Russian Journal of Forest Science*. 6: 33–40 [In Russ.].

Klintsov A.P. 1968. O vnutripochvennom stoke vody v gornyykh lesnykh usloviyakh Sakhalina [On the subsoil runoff of water in the mountain forest conditions of Sakhalin]. *Lesnoy zhurnal*. 5: 163–166 [In Russ.].

Kozin E.K. 1982. O tsiklichnosti razvitiia devstvennykh lesov Sikhote-Alinia [On the cyclical nature of the development of pristine forests of Sikhote-Alin]. – *Russian Journal of Forest Science*. 3: 24–31 [In Russ.].

Kurentsov A.I. 1950. K voprosu ob usykhanii ayanskoy yeli v gorakh Sikhote-Alinia [On the issue of the drying up of the Ayan spruce in the mountains of Sikhote-Alin]. *Komarovskiye chteniia DV filiala AN SSSR. Vyp. II. Vladivostok*. P. 3–19 [In Russ.].

Kuznetsov N.A. 1912. Zadvinskiye yelniki. K voprosu o massovom podsykhanii yeli i v svyazi s nim o nekotorykh izmeneniiax v khoziaystve pilovochnykh dach [Zadvinskies spruce forests. On the issue of mass drying of spruce and in connection with it about some changes in the household of log houses]. – *Lesnoy zhurnal*. 10: 1164–1204 [In Russ.].

Letopis prirody Teberdinskogo zapovednika, 2010, 2012 [Chronicle of nature Teberdinsky Reserve] (In Russ.).

Lorimer C.G., Frelich L.E. 1989. A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests. – *Canadian Journal of Forest Research*. 19: 651–663.

Malakhova E.G., Krylov A.M. 2012. Drying of spruce forests in Klin forestry of Moscow region [Usykhaniye yelnikov v Klin'skom lesnichestve Moskovskoy oblasti]. – *Izvestiia Samara scientific center of RAS*. 14 (18): 1975–1978 [In Russ.].

Malakhova E.G., Lyamtsev N.I. 2014. Extent and structure of Moscow region spruce forest dieback in 2010–2012. – *Izvestiya SPbLTA*. 207: 193–201 [In Russ.].

Manko Yu.I. 1987. Yel ayanskaia [Ayan spruce]. Leningrad. 280 p. [In Russ.].

Manko Yu.I., Gladkova G.A. 2003. Mass decline of fir-spruce forests in the Russian Far East: the main results. – *Komarovskiye chteniia. Vladivostok*. 49: 131–171 [In Russ.].

Maslov A.D. 2010. Koroed-tipograf i usykhaniye yelovykh lesov. [The bark beetle and drying of spruce forests]. Puschkino. 135 pp. [In Russ.].

Mironov B.A. 1961. Gidrologicheskiye osobennosti lesov Ilmenckogo zapovednika [Hydrological features of the forests of the Ilmen'sky Reserve]. – *Proceedings of the Institute of Biology Uralskiy filial Academy of Science USSR*. 25: 158–171 [In Russ.].

Nevoln O.A., Gritsynin A.N., Torkhov S.V. 2005. On decay and downfall of over-mature spruce forests in Beresnik forestry unit of Arkhangelsk region. – *Lesnoy zhurnal*, 6: 7–22 [In Russ.].

Orlov A.Ya. 1951. Temnokhvoynye lesa Severnogo Kavkaza. [Dark coniferous forests of the North Caucasus]. Moscow. 256 p. [In Russ.].

Orlov A.Ya. 1996. Features of the ratio of European spruce and some other species of spruce to insufficient moisture supply. – *Russian Journal of Forest Science*. 1: 84–93 [In Russ.].

Plokhinskii N.A. 1970. Biometriia [Biometrics]. 2 ed. Moscow. 368 p. [In Russ.].

Pukinskaya M.Yu. 2009. Spruce stands forming in storm gaps of Central Forest reserve and problem of spruce forest natural regeneration. – *Bot. Zhurn.* 94 (11): 1657–1672 [In Russ.].

Pukinskaya M.Yu. 2016. The group spruce decline in forests of south taiga. – *Bot. Zhurn.* 101 (6): 650–671 [In Russ.].

Rehfuess K.E. 1991. Review of forest decline research activities and results in the Federal Republic of Germany. – *Journal of Environmental Science and Health*. 26 (3): 415–445.

Rozenberg V.A. 1961. Nekotorye voprosy razvitiia pikhtovo-yelovykh lesov yuzhnogo Sikhote-Alinia. [Some issues of development of fir-spruce forests of the southern Sikhote-Alin]. – *Voprosy sel'skogo i lesnogo khoziaistva Dal'nego Vostoka*, 3: 195–215 [In Russ.].

Rubino D.L., McCarthy B.C. 2004. Comparative analysis of dendroecological methods used to assess disturbance events. – *Dendrochronologia*, 21(3): 97–115.

Saradzishvili D.G. 1962. Struktura yelovo-pikhtovykh nasazhdenii i ratsionalnye metody khoziastvennogo osvoeniia ikh [The structure of spruce-fir plantations and rational methods of their economic development]. – *Trudy Tbilisskogo instituta lesa*. XI: 7–21 [In Russ.].

Sel'ianinov G.T. 1930. K metodike sel'kokhoziastvennoi klimatografii [To the methodology of agricultural climatology]. – *Trudy po sel'kokhoziastvennoi klimatografii*. XXII (2): 45–91 [In Russ.].

Sosnin L.I. 1949. Vostochnaia yel v Kavkazskom zapovednike [Eastern spruce in the Caucasian reserve]. – *Okhrana prirody*. 7: 123–129. [In Russ.].

Space photos URL: <https://www.google.com/earth/>

Storozhenko V.G., Bondartseva M.A., Solovyev V.A., Krutov V.I. 1992. Nauchnye osnovy ustoichivosti lesov k derevorazrushayushchim gribam [The scientific foundations of forest sustainability to wood-destroying fungi]. Moscow. 221 p. [In Russ.].

Storozhenko V.G., Krutov V.I., Ruokolaiynen A.V., Kotkova V.M., Bondartseva M.A. 2014. Identification guide for wood-destroying fungi of the Russian plain's forests. Moscow. 198 p. [In Russ.].

Timofeev V.P. 1944. Borba s usykhaniem yeli [Fight against drying of spruce]. Moscow. 48 p. [In Russ.].

Tkachenko M.E. 1952. Obshchee lesovodstvo [General forestry]. Moscow – Leningrad. 600 p. [In Russ.].

Vlasenko V.I. 2005. Shrinking spruce forests of middle Sikhote-Alin. – In: Rhythms and catastrophes in the vegetation cover of the Far East. Vladivostok: materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. October, 12–16, 2004г. P. 129–135 [In Russ.].

Weather archive. URL: https://rp5.ru/Weather_in_Teberda