

**ДИНАМИКА ДОЛИ ОСЛАБЛЕННЫХ ДЕРЕВЬЕВ В ГРАБОВЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ****В.Г. Щербина**

Филиал Института природно-технических систем,  
РФ, г. Сочи, Курортный проспект, 99/18  
E-mail: v.g.scherbina@bk.ru

Определялась динамика доли ослабленных деревьев в грабовых экосистемах сочинского региона при комплексном влиянии рекреационно уплотненной почвы и техногенного загрязнения воздушной среды. Исследования проводились в двух районах площадью 2050 и 2800 га в пригородном лесном массиве предгорной зоны. На пробных площадях учитывались все наличные ослабленные деревья с диаметром 8 см и более. На модельных деревьях определены четыре группы эпифитных лишайников, характеризующие четыре зоны по чистоте атмосферного воздуха от очень чистой до умеренно загрязненной среды. Установлены зависимости между величиной ослабленных деревьев в насаждении с величиной чистоты атмосферы при различных стадиях рекреационной дигрессии.  
**Ключевые слова:** сочинский регион, грабовая экосистема, рекреация, лишеноиндикация, ослабленные деревья, дигрессия

Поступила в редакцию: 14.08.2019.

**Введение.** Природоохранные вопросы качества воздушной среды становятся все более востребованными на современном уровне глобальной урбанизации, сопровождающимся ростом автотранспорта и увеличением уровня загрязнения атмосферы [1, с. 74-99, 118, 302; 2, с. 11, 36-47, 428], что особенно актуально для лесных территорий контактирующих с селитебными зонами, испытывающих угнетающее воздействие загрязняющих веществ, аккумулируя их в прямой зависимости от интенсивности движения автотранспорта [3, с. 96]. Отмечаются негативные изменения в фенологических ритмах высших растений, динамике роста, физиолого-биохимических, генетико-цитозембриологических и экологических процессах [4, с. 102-103; 5, с. 46-52; 6, с. 30-32; 7, с. 18].

Вопросы качества воздушной среды, как фактора сохранения экологического благополучия [8, с. 49], еще слабо проработаны в регионах рекреационно-туристской специализации и, в частности, в зоне сочинского побережья. Наслоение техногенного фактора на рекреационный неизбежно должно отражаться на существующих в лесах с рекреационной деятельностью дигрессивных процессах и явлениях [9, с. 46, 92,

104-109], приводящих к реструктуризации коренных лесных экосистем [9, с. 250; 10, с. 54], снижению их площадей [11, с. 72, 186], видовой полнотности [12, с. 460], экологической емкости и репарационного потенциала [13, с. 11; 14, с. 46; 15, с. 72].

Цель проводимой работы заключалась в оценке динамики доли ослабленных деревьев при комплексном влиянии техногенного и рекреационного фактора на грабовые экосистемы сочинского региона.

**Материалы и методы.** Эмпирический материал собирался в предгорной зоне сочинского региона в биотопах двух районов лесного массива, с выраженной географической изоляцией, испытывающих хроническое техногенное и рекреационное воздействие.

В первом районе, площадью 2050 га, исследования проводились в вегетационный период 2018-2019 гг.; граничит с населенными пунктами с развитой автомобильной сетью: Русская Мамайка, Барановка, Васильевка, Сергей Поле, Разбитый Котел, Пластунка (рис. 1).

Во втором районе, общей площадью 2800 га, исследования проводятся с 2003 г.; расположен в Нижнешиловском сельском округе Адлерского района;

границами обследуемой территории являются горный перевал, железная дорога, Сухумское шоссе, реки Мзымта и

Псоу, населенные пункты: Веселое, Верхневеселое, Нижняя Шиловка, Черешня.



Рис. 1. Карта-схема расположения районов исследования  
Fig. 1. Map-scheme of study areas

Пробные площади (20×20 м) закладывались в биотопах грабовых экосистем с разновозрастным древостоем с коэффициентным составом преобладающего древесного вида (граба обыкновенного – *Carpinus betulus* L.) по доле участия запаса в общем запасе древостоя – 6-9, с примесью дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и дуба Гартвиса (*Q. Hartwissiana* Stev.), бука восточного (*Fagus orientalis* L.); до 4% запаса составлял ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.); менее 2% – *F. orientalis* и *Quercus* sp. при отсутствии их в числе преобладающих видов: 6Грб2-3Дб1-2Бк, 7Грб1-2Дб1-2Бк (+ Яо, Кло); 8Грб2Бк + Кло ед. Дб; 9Грб1Бк + Яо ед. Дб; 9Грб1Дб + Яо, Кло ед. Бк. Частота повторности пробных площадей рассчитывалась по доле ослабленных деревьев, исходя из статистически необходимого объема выборочной совокупности по методическим рекомендациям П. Ф. Рокитского [16, с. 94] при  $p = 0,99$ ,  $t = 3,0$ .

К ослабленным относились все наличные на пробной площади деревья  $\geq 8$  степени толщины с физическими повреждениями и патологическими новообразованиями (опухолы, наросты, наплывы, ступенчатые язвы и т. д.) в результате болезней стволов и нижних ветвей, характеризующиеся поражением коры, камбия и наружных слоев древесины [17, с. 99-102, 299].

Для оценки величины влияния техногенного фактора (загрязнения воздушной среды) использовался лихеноиндикационный подход с градиентным анализом по методу линейных пересечений на модельных деревьях на высоте 1,5 м [18, с. 10-11]. Чистота атмосферного воздуха на пробных площадях определялась по видовым классам полеотолерантности (по Х.Х. Трассу [Цит. по 19, с. 39-40]), покрытию отдельных видов и суммарном покрытии по 10-балльной шкале индекса полеотолерантности (IP) [20, с. 3-14]: 1-2 – очень чистая; 3-5 – чистая; 6-7 – относительно чистая; 8-9 –

умеренно загрязненная; 10 – сильно загрязненная; 0 – очень сильно загрязненная.

Всего, в условиях комплексного воздействия рекреационного и техногенного фактора было заложено 340 пробных площадей для дендрологических исследований и, соответственно, обследовано 340 модельных деревьев в аспекте лишеноиндикации, из них: при I стадии рекреационной дигрессии 126 деревьев; II – 46; III – 18; IV – 84; V – 66.

Степень влияния рекреационного фактора определялась на основе Отраслевого стандарта 56-100-95 [21, с. 1-14] и индикаторных величин рекреационной трансформации объемной массы почв [22, с. 40], с картированием пробных площадей и установлением стадий рекреационной дигрессии [9, с. 114].

Анализ эмпирических результатов проводился по стандартным методам статистической обработки вариационных рядов выборочных совокупностей [16, с. 32-48, 95-106].

**Полученные результаты.** На территории двух обследованных районов в пригородной зоне сочинского региона было зарегистрировано 25 общих видов эпифитных лишайников.

Сравнение районов с помощью нормированного отклонения ( $t$ ) по вариациям проективного покрытия и видовому разнообразию лишенофлоры выявило фактическое отклонение ниже табличного ( $t_{\text{факт.}} = 1,89$ , при  $p = 0,95$ ;  $t_{\text{табл.}} = 2,11$ ), соответствующее вероятности только 0,92, т.е. полученная величина нормированного отклонения лежит за границами требуемой достоверности и позволяет объединять выборки с двух районов. При установлении достоверности различий по критерию Фишера ( $F$ ) полученное фактическое значение 1,13 (при  $\sigma_1^2 = 16,3$ ,  $\sigma_2^2 = 14,4$ ) было ниже теоретических ( $F_{\text{табл.} 0,01} = 1,80$  и  $F_{\text{табл.} 0,05} = 1,51$ ). Следовательно, можно с уверенностью сделать вывод, что районы по реакции лишенофлоры на техногенное загрязнение достоверно не отличаются друг от друга, т.е. нулевая гипотеза о равенстве биотопов двух районов сохраняет свое значение и остается не опровергнутой.

Лишеноценозы двух районов, в зависимости от общности видовых классов полеотолерантности, формируют четыре группы видов:

1) бриория буроватая (*Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw), имшаугия бледнеющая (*Parmeliopsis aleurites* (Ach.) S. L. F. Mey.), леканора блошиная (*Lecanora pulicaris* (Pers.) Ach.), гипогимния трубчатая (*Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Hav.);

2) леканора нежноватая (*Lecanora chlarotera* Nyl.), вульпицида сосновая (*Vulpicid pinastri* (Scop.) J.-E. Mattsson et M. J. Lai), пармелиопсис сомнительный (*Parmeliopsis ambigua* (Wulfen.) Nyl.), меланэликсия золотистоносная (*Melanelixia subaurifera* (Nyl.) O. Blanco et al.), лобария легочная (*Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm.), фисция щетинистая (*Physcia aipolia* (Ehrh.) Hampe), меланохэйлия шероховатая (*Melanohalea exasperate* (De Not.) O. Blanco et al.), лецидея скученная (*Lecidea glomerulosa* Steud.), пертузария шариконосная (*Pertusaria globulifera* (Turn.) Massal.), цетрария хлорофилловая (*Cetraria chlorophyll* (Willd.) Vain.);

3) леканора изменчивая (*Lecanora varia* (Hoffm.) Ach.), эверния сливовая (*Evernia prunastri* (L.) Ach.), леканора разнообразная (*Lecanora allophane* (Ach.) Rohl.), ксантория многоплодная (*Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber), гипогимния вздутая (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.), фликтис пятновидный (*Phlyctis agelaea* (Ach.) Flot.), пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata* Taylor);

4) рамалина пыльцеватая (*Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach.), ксантория восковидная (*Xanthoria candelaria* (L.) Th. Fr.), ксантория настенная (*Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.), леканора бледнеющая (*Lecanora expallens* Ach.).

Между отдельными группами также имеются отличия по показателям проективного покрытия эпифитных лишайников и индексам полеотолерантности (табл. 1), что указывает на значительный диапазон пространственного влияния воздушного загрязнения [23, с. 409], обуславливая четыре пространственные гомогенные зоны (биотопы) с различным

уровнем воздушного загрязнения на территориях двух районов: 1 группа – очень чистая среда; 2 – чистая; 3 – относитель-

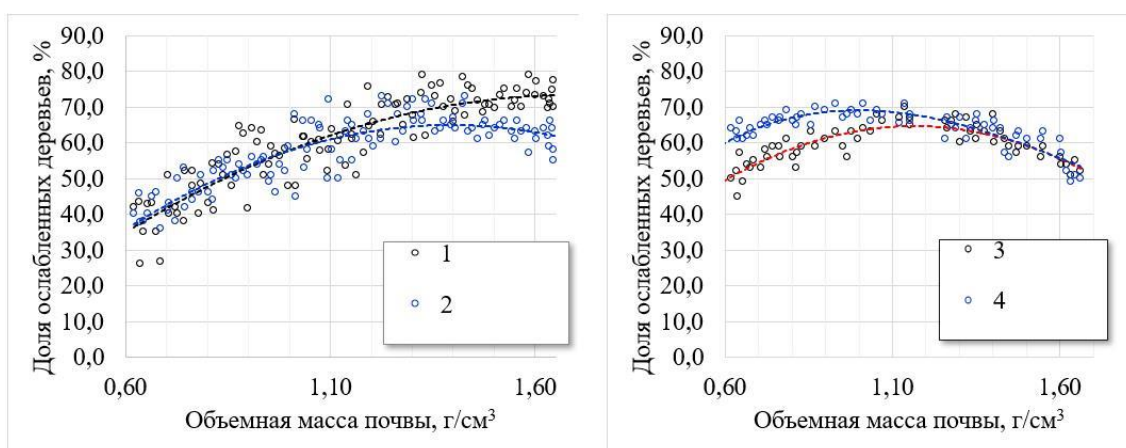
но загрязненная; 4 – умеренно загрязненная.

**Таблица 1.** Обобщенная характеристика групп эпифитных лишайников в лишайноценозах грабовых экосистем на территории двух районов

Группа лишайников	Проективное покрытие			Полеотолерантность	
	суммарное, см	относительное, %	балл	класс	индекс
1	285,1-2267,4	17,7-51,9	4-8	2-3	2,00-2,14
2	172,6-2136,3	11,4-46,6	4-7	3-5	3,43-4,76
3	108,0-1628,6	7,4-27,1	3-5	6-7	6,51-6,93
4	85,2-1299,2	2,7-9,6	1-3	8-9	8,06-8,65

Анализ лесных насаждений по фитоценологическому рангу выявил различную динамику доли ослабленных деревьев на тренде рекреационно уплотненной почвы между биотопами с различной чистотой

той воздушной среды (рис. 2), описываемых полиномиальными регрессиями второй степени с высокой достоверностью ( $R^2 = 98,7-99,8\%$ ) (табл. 2).



**Рис. 2.** Динамика доли ослабленных деревьев на тренде рекреационно уплотненной почвы при диапазонах индекса полеотолерантности: 1 – 2,00-2,14; 2 – 3,43-4,76; 3 – 6,51-6,93; 4 – 8,06-8,65

**Fig. 2.** Dynamics of the proportion of weakened trees on the trend of recreationally compacted soil with the ranges of lichen tolerance index: 1 – 2,00-2,14; 2 – 3,43-4,76; 3 – 6,51-6,93; 4 – 8,06-8,65

**Таблица 2.** Регрессионная зависимость доли ослабленных деревьев ( $Y$ ) от рекреационно уплотненной почвы ( $X$ ) в условиях различной чистоты воздушной среды

Индекс полеотолерантности	Модель	Коэффициент детерминации ( $R^2$ ), %
2,00-2,14	$Y = -18,226X^2 + 75,484X - 0,0493$	98,7
3,43-4,76	$Y = -27,111X^2 + 83,946X - 0,0618$	98,9
6,51-6,93	$Y = -61,578X^2 + 131,930X - 0,0370$	99,7
8,06-8,65	$Y = -47,830X^2 + 111,310X - 0,0077$	99,8

Общая закономерность для лесных экосистем с доминирующим грабом, следующая из материалов рисунка, заключается в росте доли ослабленных деревьев с увеличением рекреационной нагрузки и величины загрязнения атмосферного воздуха. В биотопах с «очень

чистой» средой ( $IP = 2,00-2,14$ ) характерно постепенное возрастание доли ослабленных на тренде рекреационно уплотненной почвы, что согласуется с ранее полученными результатами в других лесных экосистемах сочинского региона, в частности, грабово-буковых,

грабово-дубовых и дубово-грабовых [24, с. 9; 25, с. 61; 26, с. 62]. В биотопах с «чистой» средой ( $IP = 3,43-4,76$ ), «относительно загрязненной» ( $IP = 6,51-6,93$ ) и «умеренно загрязненной» ( $IP = 8,06-8,65$ ) регистрируемое снижение доли ослабленных деревьев, при объемной массе почвы  $\geq 1,40$  г/см<sup>3</sup> (IV-V стадии рекреационной дигрессии), связано с усиленным переходом доли ослабленных в ранг усыхающих [9, с. 260; 12, с. 82; 27, с. 11; 28, с. 638], что указывает на проявление пессимальных нагрузок в результате глубокой трансформации экосистемы [29, с. 118-119]: разрушается гумусовый и подзолистый почвенный горизонты [22, с. 39]; изменяется термический режим верхних горизонтов почвы [30, с. 16, 144], биологическая активность [31, с. 1276], влагоемкость и водопроницаемость [32, с. 284]; отмечается изменение структурного разнообразия [33, с. 82], снижение плотности подроста [9, с. 161], подлеска (разнообразия, по-

пуляционная плотность, пространственное распределение) [34, с. 61; 35, с. 24], радиального прироста древостоя [36, с. 417], лесной подстилки (фрагментация, мощность, запас, фракционный состав) [31, с. 1272; 35, с. 26], биоразнообразия почвенных беспозвоночных, включая орибатидофауну (81-92%) и микобиоту [28, с. 640; 31, с. 1278; 37, с. 86]; исчезает из экосистемы более 70% аборигенных видов с появлением и ростом участия адвентивных травяно-кустарничковых форм [38, с. 60; 39, с. 18; 40, с. 331] и видов-трансформеров [24, с. 11; 41, с. 79].

Приведенные в табл. 3 статистические характеристики выборок характеризуют достаточно высокую достоверность полученных оценок доли ослабленных деревьев на отдельных диапазонах объемной массы почвы (стадиях рекреационной дигрессии).

**Таблица 3.** Статистическая характеристика выборочных совокупностей доли ослабленных деревьев при комплексном влиянии техногенного и рекреационного фактора

Стадия дигрессии (объемная масса почвы, г/см <sup>3</sup> )	Показатель					
	$IP$	$\bar{x}$	$\sigma$	$S_x$	$t$	$p$
I (0,62-0,98)	2,00-2,14	48,2	9,92	1,63	0,25	0,197
	3,43-4,76	47,7	5,91	0,97		
	6,51-6,93	56,4	4,46	0,88	9,28	> 0,999
	8,06-8,65	65,9	2,70	0,53		
II (0,99-1,13)	2,00-2,14	57,9	5,34	1,34	0,45	0,347
	3,43-4,76	59,0	7,69	1,92		
	6,51-6,93	65,6	3,10	1,17	1,95	0,949
	8,06-8,65	68,4	2,17	0,82		
III (1,14-1,19)	2,00-2,14	63,1	8,26	3,12	0,11	0,088
	3,43-4,76	62,7	4,27	1,61		
	6,51-6,93	66,0	1,41	1,00	0,71	0,522
	8,06-8,65	67,0	1,41	1,00		
IV (1,20-1,44)	2,00-2,14	70,5	4,94	0,97	3,23	> 0,999
	3,43-4,76	66,4	4,21	0,82		
	6,51-6,93	63,2	3,33	0,83	0,31	0,243
	8,06-8,65	63,6	3,42	0,86		
V (1,45-1,66)	2,00-2,14	72,4	2,18	0,45	14,41	> 0,999
	3,43-4,76	63,0	2,27	0,47		
	6,51-6,93	55,5	2,88	0,91	0,64	0,478
	8,06-8,65	56,8	5,71	1,81		

Примечание.  $IP$  – индекс полевотолерантности;  $\bar{x}$  – средняя арифметическая ослабленных деревьев в выборочных совокупностях;  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение;  $S_x$  – средняя квадратическая ошибка средней арифметической;  $t$  – нормированное отклонение;  $p$  – вероятность (достоверность отличия)

Полученные значения средних квадратических ошибок выборочности характеризует слабое отклонение средних значений между выборочными и генеральными совокупностями. Величины среднеквадратических отклонений указывают на допустимую внутреннюю однородность выборок и устойчивость проявления признаков, что позволяет с высокой достоверностью проводить сравнительный анализ изменчивости признаков на всем диапазоне объемной массы почвы.

Проведенные расчеты указывают на достоверные отличия при I стадии рекреационной дигрессии (объемная масса почвы  $\leq 0,98$  г/см<sup>3</sup>) между долей ослабленных деревьев в биотопах с «относительно загрязненной» и «умеренно загрязненной» воздушной средой ( $t = 9,28$ ; при  $p > 0,999$ ). С увеличением рекреационной нагрузки, приводящей к IV и V стадиям дигрессии (объемная масса почвы  $\geq 1,20$  г/см<sup>3</sup>), отличия появляются и достоверно усиливаются между биотопами с «очень чистой» и «чистой» средой при вероятности 0,999 ( $t = 3,23-14,41$ ).

Также определено, что древостои в биотопах с «очень чистой» воздушной средой при I-II и IV-V стадиях дигрессии отличаются с высокой достоверностью ( $p > 0,999$ ) от биотопов с «относительно загрязненной» средой ( $t = 4,43-16,6$ ) и «умеренно загрязненной» ( $t = 5,34-10,32$ ).

**Заключение.** Полученные результаты указывают на зависимость значительной гетерогенности биоценологических условий среды от комплексного воздействия рекреационного и техногенного фактора в пригородных лесных экосистемах с доминирующим грабом. По степени чистоты атмосферного воздуха регистрируется варьирование в границах четырех биотопов с «очень чистой», «чистой», «относительно загрязненной» и «умеренно загрязненной» воздушной средой.

Доля внешне ослабленных деревьев в древостое варьирует в диапазоне от 25,9 до 79,0%, возрастая с увеличением объемной массы рекреационно уплотненной почвы (стадии рекреационной дигрес-

сии) и степени загрязнения воздушной среды биотопов. С высокой достоверной вероятностью (99%) фактор загрязнения атмосферы начинает негативно проявляться на доле ослабленных деревьев при IV стадии дигрессии, возрастая по мере увеличения хронической рекреационной нагрузки.

При IV-V стадиях рекреационной дигрессии пессимальные нагрузки в экосистемах с доминирующим грабом начинают регистрироваться уже при индексах полевотолерантности в диапазоне 2,00-2,14 («чистая среда»), усиливаясь с возрастанием загрязнения воздушной среды до состояния «относительно загрязненной» и «умеренно загрязненной».

Проведенные исследования могут найти применение при организации и проведении экологического мониторинга в лесах рекреационно-туристской специализации, а также при формировании или лесохозяйственной реконструкции рекреационных зон с нарушенным газообменом экологических систем в пригородных лесных массивах сочинского региона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Охрана окружающей среды* / А.М. Владимиров, Ю.И. Ляхин, Л.Т. Матвеев [и др.]. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 423 с.
2. *Степановских А.С.* Прикладная экология. М.: ЮНИТИ, 2005. 752 с.
3. *Балина К.В.* Влияние автотранспорта на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях городов и поселков Амурской области // Вестник Брянского государственного университета. 2011. № 4. С. 95–97.
4. *Мироненко Е.В., Алехина И.В.* Влияние выбросов автотранспорта на цветение и плодоношение декоративных древесных растений // Лесное хозяйство. 2018. № 3 (52). С. 99–104.
5. *Булыгин Н.Е.* Фенологические наблюдения за древесными растениями: пособие по проведению учебно-научных исследований. Л.: ЛТА, 1979. 96 с.
6. *Мироненко Е.В., Шлапакова С.Н.* Влияние автотранспортных выбросов на качество семян древесных растений и выращенных из них сеянцев // Вестник

Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 2 (40). С. 29–33.

7. *Уджуху С.Р.* Влияние автотранспорта на состояние дубрав Нижегородской части республики Адыгея: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ростов н/Д.: Ростовский гос. ун-т, 2005. 21 с.

8. *Меденец Е.Ю., Засоба В.В.* Видовое разнообразие эпифитных лишайников как индикационный признак антропогенного влияния на лесные экосистемы степной зоны // Юг России: экология, развитие. 2008. № 4. С. 46–52.

9. *Щербина В.Г., Белюченко И.С.* Мониторинг окружающей среды: методологические основы: учебное пособие. 3-е изд. испр. и доп. Сочи: Изд-во ИЭиВС, 2006. 356 с.

10. *Юшкевич М.В.* Составы древостоев, сохраняющие высокую устойчивость к рекреации и обладающие привлекательностью для отдыхающих // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2015. № 12 (3). С. 53–55.

11. *Ивонин В.М., Авдонин В.Е., Пеньковский Н.Д.* Рекреационная экология горных лесов российского Причерноморья. Краснодар: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. 271 с.

12. *Щербина В.Г.* Буковые экосистемы Российского Причерноморья. Кривой Рог: Минерал, 2007. 499 с.

13. *Егоров А.Г.* Изменение твердости почв прибрежных территорий среднего течения реки Томи в условиях рекреационного воздействия // Современные проблемы науки и образования. 2010. № 2. С. 9–14.

14. *Лысиков А.Б.* Изменение плотности лесных почв при рекреации // Лесоведение. 2008. № 4. С. 44–49.

15. *Пискунов В.В., Давиденко Т.Н.* Изменение экологической емкости лесных местообитаний под воздействием рекреации // Известия Саратовского университета. 2007. № 1 (7). С. 71–74.

16. *Рокицкий П.Ф.* Биологическая статистика. Минск: Высшая школа, 1964. 328 с.

17. *Лесная энциклопедия* / под ред. Г.И. Воробьева. М.: Сов. энциклопедия, 1986. Т. 2. 631 с.

18. *Пчелкин А.В., Боголюбов А.С.* Методы лишеноиндикации загрязнений окружающей среды: методическое пособие. М.: Экосистема, 1997. 25 с.

19. *Красногорская Н.Н., Журавлёва С.Е., Миннуллина Г.Р.* Лишеноиндикационные шкалы оценки качества атмосферного воздуха // Фундаментальные исследования. 2004. № 5. С. 38–42.

20. *Боголюбов А.С., Кравченко М.В.* Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации: методическое пособие. М.: Экосистема, 2001. 15 с.

21. *ОСТ 56-100-95.* Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. Стандарт отрасли. Введен 01.09.1995. 14 с.

22. *Щербина В.Г.* Оценка рекреационного повреждения почвенного покрова // Экологический вестник Северного Кавказа. 2007. Т. 3. № 4. С. 37–41.

23. *Присяжнюк С.А.* Оценка состояния растительного покрова методами лишеноиндикации (на примере Севера Средней Сибири) // Сибирский экологический журнал. 2008. № 3. С. 107–115.

24. *Щербина В.Г., Белюченко И.С.* Динамика доли ослабленных деревьев при антропогенной нагрузке в пригородных лесонасаждениях сочинского побережья // Экологический вестник Северного Кавказа. 2018. Т. 14. № 2. С. 4–13.

25. *Белюченко И.С., Щербина В.Г.* Рекреационная устойчивость дубовых насаждений с различным составом древостоя // Экологический вестник Северного Кавказа. 2019. Т. 15. № 2. С. 59–65.

26. *Щербина В.Г.* Динамика рекреационной устойчивости грабовых насаждений сочинского побережья // Наука России: цели и задачи: материалы IX междунар. науч. конф. Екатеринбург: Л-Журнал, 2018. С. 61–63.

27. *Комин Г.Е.* Применение дендрохронологических методов в экологическом мониторинге лесов // Лесоведение. 1990. № 2. С. 3–11.

28. *Кузнецов В. А., Рыжова И.М., Стома Г.В.* Изменение лесных экосистем мегаполиса под влиянием рекреационного воздействия // Почвоведение. 2019. № 5. С. 633–642. 39

29. *Щербина В.Г.* Факторная оценка величины трансформации лесной экоси-

стемы сочинского побережья // Системы контроля окружающей среды. 2018. № 12 (32). С. 113–121.

30. *Костюкевич Н.И.* Введение в лесную метеорологию. Минск: Высшая школа, 1968. 155 с.

31. *Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Стома Г.В.* Изменение свойств почв лесопарков Москвы при высоком уровне рекреационной нагрузки // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1270–1280.

32. *Оценка рекреационной нагрузки на почвенный покров и пути снижения дигрессии лесных экосистем национального природного парка «Сколевские Бескиды», Украинские Карпаты / О.И. Леневиц, Е.С. Шестакова, А.Н. Рудык [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. Экономика и экологический менеджмент. 2014. № 3. С. 279–287.*

33. *Беднова О.В.* Метод индикации и оценки рекреационных изменений в лесных биогеоценозах // Лесной вестник. 2013. № 7. С. 77–87.

34. *Леса Северного Кавказа. Дубовые леса / И.П. Коваль, П.М. Полежай, И.Н. Лигачев [и др.] // Растительные ресурсы: в 2 ч. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 1980. Ч. 1. С. 49–102.*

35. *Количественная оценка влияния рекреации на растительность, подстилку и плотность почв лесопарков Москвы / В.А. Кузнецов, И.М. Рыжова, В.М. Телеснина [и др.] // Вестник Московского ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2015. № 1. С. 21–29.*

36. *Матвеев С.М., Мироненко А.В., Тимащук Д.А.* Лесоводственный и дендроклиматический анализ искусственных сосновых фитоценозов, подверженных рекреационной дигрессии в пригородной зоне г. Воронежа // Журнал Сибирского Федерального ун-та. 2015. № 4 (8). С. 410–425.

37. *Шукель И. В., Олиферчук В.П., Няйко А.Я.* Рекреационная резистентность почвенной микробиоты // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2013. № 37. С. 84–87.

38. *Соколов А.С., Гусев А.П.* Фитоиндикация состояния широколиственно-лесных ландшафтов в зоне влияния рекреации // Вестник Воронежского гос. ун-та. 2006. № 2. С. 57–61.

39. *Сибгатуллина М.Ш.* Рекреационная дигрессия растительного покрова на территории заказника «Голубые озера» // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 2 (2). С. 15–19.

40. *Акатов В.В., Акатова Т.В., Чефранов С.Г.* Уровень полнотности и потенциал инвазивности растительных сообществ: гипотеза соотношения видовых фондов // Журнал общей биологии. 2009. Т. 70, № 4. С. 328–340.

41. *Чужеродные растения в лесных сообществах Среднего Поволжья: способы диссеминации и степень натурализации / С.В. Саксонов, Н.С. Раков, В.М. Васюков [и др.] // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6. № 2 (19). С. 78–83.*

## DYNAMICS OF THE PROPORTION OF WEAKENED TREES IN THE HORNBEAM ECOSYSTEMS UNDER THE COMPLEX INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS

V.G. Scherbina

Branch of Institute of Natural and Technical Systems,  
RF, Sochi, Kurortny Av., 99/18

The dynamics of the proportion of weakened trees in the hornbeam ecosystems of Sochi region under the combined influence of recreationally compacted soil and technogenic pollution of the air was determined. Studies were conducted in two areas of 2050 and 2800 ha in the suburban forest of the foothill zone. On test plots, all available weakened trees with a diameter of 8 cm and more were taken into account. Four groups of epiphytic lichens were identified on model trees, characterizing four zones of atmospheric air purity from very clean to moderately polluted environment. The relationships between the magnitude of weakened trees in the tree stand and the purity of the atmosphere at various stages of recreational digression were identified.

**Keywords:** Sochi region, hornbeam ecosystem, recreation, lichen bioindication, weakened trees, digression