ДИНАМИКА ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВОСТОЕВ ДУБОВОЙ ФОРМАЦИИ В РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЕ СОЧИНСКОГО РЕГИОНА

В.Г. Щербина

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

Определялась динамика жизненного состояния дубовых насаждений сочинского региона при рекреационной трансформации местообитаний. На обобщении результатов по 12 доминирующим древесным фитоценозам дубовой формации была получена характеристика смены структуры насаждений с ростом рекреационной нарушенности территории с I по IV стадию дигрессии. В насаждении зарегистрировано наличие 34,7–42,5% здорового древостоя, группирующегося в средних ступенях толщины, способного полноценно выполнять свою средообразующую роль. Установлено, что величина относительного жизненного состояния насаждения на 46% зависит от дифференциации деревьев по диаметру и на 16% – от степени рекреационного воздействия.

Ключевые слова: сочинский регион, рекреация, дигрессия, дубрава, жизненное состояние, структура, ступени толщины

Поступила в редакцию: 14.03.2019.

Введение. В рамках рационального природопользования в регионах рекреационно-туристской специализации в настоящий исторический период особую остроту приобретают вопросы состояния и устойчивости природных рекреационных объектов, испытывающих значительный, все возрастающий антропогенный пресс [1], отражающийся на структурно-функциональной трансформации экосистем [2–4]. Для сочинского региона это особенно актуально в пригородной лесной зоне [5, 6] на участках с доминирующим дубом, занимающим до 37,8% от общей лесной площади региона [7].

По оценкам многих исследователей дубовые леса характеризуются значительной антропогенной трансформацией: порослевым происхождением [5, 8], расстроенностью [9, 10], заниженной генеративной способностью [8], выраженными морфологическими и физиологическими изменениями [2], упрощенностью структур [1, 7], сукцессионными процессами [11]. Из исследований А. Н. Кудактина и Е. А. Журавлева следует, что в дубовой формации сочинского региона полностью отсутствуют здоровые древостои, доля ослабленных и сильно ослабленных составляет 92,9%, на долю усыхающих приходится 7,1% [6].

Из сложившегося состояния дубовых лесов, а также учитывая их важное рекреационное [1, 5] и средообразующее значение [8, 12], вытекает необходимость в научно обоснованных мероприятиях, направленных на оптимизацию экологической обстановки в регионе. Для реализации этих целей требуются разносторонние исследования жизненного состояния дубовых насаждений в условиях прогрессирующей рекреационной дигрессии территории.

Цель данного исследования заключалась в определении динамики показателя жизненного состояния древостоев при рекреационной трансформации насаждений дубовой формации сочинского региона.

Материалы и методы. Сбор эмпирического материала осуществлялся в 1989–2019 гг. на нижних частях пологих склонов предгорий сочинского региона, в свежем типе лесорастительных условий дубовой формации, со смешанными сложными древостоями. Исследуемые пригородные территории имели удаленность от селитебной зоны 210–300 м, т.е. лесные территории, испытывающие разный уровень хронического рекреационного воздействия и имеющие индекс полеотолерантности приближенный к 2

(«естественные или слабо загрязненные» местообитания [13]) [14].

Древостой оценивался по всем наличным деревьям в доминирующих древесных фитоценозах. Кондоминантами насаждений являлись: дуб (черешчатый – *Quercus robur* L. с примесью дуба Гартвиса – *Q. Hartwissiana* Stev.), граб обыкновенный (*Carpinus betulus* L.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.); от 2 до 5% числа древостоя составлял бук восточный (*Fagus orientalis* L.); менее 2% – клен остролистный (*Acer platanoides* L.) и *F. excelsior* при отсутствии последнего в составе доминирующих видов: 4ДЗГЗЯ, 4Д4Г2Я, 6Д2Г2Я, 5ДЗГ2Я (+ Бк ед. К); 5Д4Г1Я, 6ДЗГ1Я (+ Бк ед. К, Я); 6Д4Г + Бк ед. Я; 8Д2Г, 9Д1Г, 6Г4Д, 8Г2Д, 9Г1Д (+ Бк ед. К, Я).

Свежий тип лесорастительных условий определялся по почвенным характеристикам и растительным индикаторам на основе эдафической классификации Погребняка–Воробьева [15].

Рекреационное воздействие оценивалось по средним показателям объемной массы верхнего 10-см слоя рекреационно уплотненной почвы, с определением стадий рекреационной дигрессии [16].

Пробные площади состояли из четырех учетных площадок 20×20 м (400 м²), закладываемых вдоль склона с интервалом ≥ 10 метров. Регистрация деревьев проводилась по 4-см ступеням

толщины. Необходимый объем повторностей пробных площадей определялся расчетным методом по П.Ф. Рокицкому [17], с учетом заданной значимости 0,05.

Определение относительного жизненного состояния древостоя (L_n) [18] проводилось с учетом доли деревьев по категориям состояния: ≤ 19% – разрушенный древостой (усыхающий); 20–49% – сильно ослабленный; 50–79% – ослабленный; 80–100% – здоровый.

Эмпирический материал обрабатывался стандартными статистическими методами анализа вариационных рядов, при доверительном интервале ±2,58 ($p = 0,99$) [17, 19].

Расчеты проводились на основе обследования 3190 деревьев, из них: при I стадии рекреационной дигрессии 1140 деревьев; при II – 730; III – 480; IV – 840.

Полученные результаты. В доминирующих древесных фитоценозах дубовой формации из полученного графического распределения стволов по ступеням толщины (рис. 1) следует, что при I–II стадиях рекреационной дигрессии распределение деревьев по диаметру выражается многовершинными кривыми, т.е. насаждения с участием дуба характеризуются ступенчато разновозрастными древостоями, что характерно для естественных или слабо трансформированных лесов при антропогенном вмешательстве [20].

Рис. 1. Структура древесных фитоценозов дубовой формации по ступеням толщины при рекреационном воздействии: I, II, III, IV – стадии рекреационной дигрессии

Ступенчатость по диаметру проявляется в результате наличия деревьев с различной скоростью роста [21, 22], неравномерным возобновлением и развитием [2], обусловленных пространственным варьированием микроклиматических [23], мезоклиматических [24] и эдафических факторов [25]. В свою очередь, сформированная ступенчатая структура может выступать как фактор неравномерности развития более молодых поколений в древостое [22]. Из результатов исследований Г.Е. Комина [26], ступенчато разновозрастная структура проявляет тесную связь с пространственной неравномерностью обсеменения территории, пространственным и временным развитием подроста (≤ 6 см), с неравномерностью процессов изреживания.

В период формирования древесных фитоценозов возможные изменения в структуре насаждений вызывает наслаивание циклов поколений кодоминирующих видов, сопровождаясь варьированием числа деревьев, изменением состава и динамики таксационных показателей [15]. В целом, по мнению П.Н. Ушатина, формирование и распад структуры дубовых насаждений может продолжаться несколько десятилетий, с развитием новых ступенчато разновозрастных поколений [27].

Более заметные структурные преобразования в древостое регистрируются с ростом рекреационной нарушенности территории, проявляясь в снижении возобновительного потенциала насаждений (сокращается доля подроста при II, III и IV стадиях, соответственно на 50,0, 70,8 и 91,7%) и участии деревьев крайних

ступеней толщины (последовательно выпадают деревья с диаметром 64 и 60 см). В итоге, насаждения значительно отличаются от насаждений при I стадии. Отмечается появление и усиление расстроенности древостоев – регистрируется смена структуры, с концентрацией 61,6% стволов (при IV стадии) в средних ступенях толщины (24–36 см), т.е. отмечается переход от ступенчато разновозрастной структуры к относительно разновозрастной. По исследованиям Г.Е. Комина данная структура древостоев, с увеличением резкости очертания границ между возрастными классами, отличается низкой производительностью [27], что также указывает на ослабленность насаждения.

Из аналогичных исследований в других формациях региона следует, что с увеличением рекреационной дигрессии отпад среди подроста и молодых деревьев выше при меньшей сомкнутости полога [28]. Отмечаемое значительное уплотнение верхних горизонтов почвы ухудшает эдафические условия местобитания [16], приводя к меньшему облиствлению крон, увеличению доли ослабленных и усыхающих особей [2, 3], значительному отпаду, в том числе в ступенях толщины спелых и перестойных деревьев [29, 30]. В результате формируются древостои с меньшей сомкнутостью полога (большей ослабленностью), с худшими микроклиматическими и эдафическими условиями, чем в более сомкнутых древостоях [2, 15, 23].

Воздействие рекреации отражается на перераспределении деревьев по категориям жизненного состояния (табл. 1).

Таблица 1. Распределение деревьев по жизненному состоянию в зависимости от величины рекреационной дигрессии насаждения

Стадия дигрессии	Категория жизненного состояния деревьев								Всего		Ln, %
	здоровые		ослабленные		сильно ослабленные		усыхающие				
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	
I	546,1	47,9	225,2	19,8	359,7	31,5	9,1	0,8	1140	100	74
II	270,1	37,0	162,4	22,3	259,5	35,5	38,0	5,2	730	100	67
III	151,7	31,6	109,6	22,8	175,1	36,5	43,7	9,1	480	100	63
IV	173,0	20,6	215,7	25,7	344,6	41,0	106,7	12,7	840	100	56

Снижение доли деревьев в категории «здоровые» сопровождается ростом ослабленных, сильно ослабленных и усыхающих, что ряд авторов объясняет возрастающим количеством заражений ослабленных особей дереворазрушающими грибами, фиторизофагами и инфекциями [12, 31, 32], еще более усиливающих ослабленность деревьев старших поколений [15, 25].

Полученные значения относительного жизненного состояния насаждений (56–74%) имеют тенденцию к снижению по мере роста рекреационной нарушен-

ности территории, в целом характеризую насаждения при I–IV стадиях дигрессии как ослабленные.

Детализация древостоев по ступеням толщины дает дополнительную характеристику относительного жизненного состояния насаждений (рис. 2), регистрируя вариацию в диапазоне от 18% («отмирающие») до 98% («здоровые»). Распределение деревьев приближается к нормальному (с наличием всех возрастных классов), с концентрацией основной доли в 16–36 ступенях толщины, с максимумом при диаметре 24 см.

Рис. 2. Распределение древостоев по относительному жизненному состоянию на ступенях толщины при рекреационной трансформации местообитаний:
I, II, III, IV – стадии рекреационной дигрессии

Исходя из содержания понятия жизненного состояния, как меры потенциальной устойчивости к неблагоприятным условиям [18], отражающей ответную реакцию на комплексное воздействие меняющихся факторов среды [33], следует, что наибольшей устойчивостью характеризуются насаждения при I стадии рекреационной дигрессии – 42,5% древостоя оценивается как здоровый ($L_n = 84–98\%$). Следовательно, несмотря на общую оценку «ослабленное насаждение», часть древостоя еще может полноценно выполнять свои важные средообразующие функции [8, 12]. С переходом на II, III и IV стадию дигрессии устойчи-

вость насаждений снижается. В первую очередь это связано с высоким уровнем реструктуризации, обусловленным апосредованным влиянием рекреационного фактора. В древесных фитоценозах начинают появляться на парцеллярном уровне адвентивные древесные формы, не характерные для дубовой формации при I стадии рекреационной дигрессии: *Pyrus* L., *Prunus domestica* L., *P. cerasifera* L., *P. cerasus* L., *P. armeniaca* L., *Ficus carica* L., *Malus domestica* Borkh., *Acca sellowiana* (O. Berg) Burret, *Mespilus* L., *Trachycarpus* H. Wendl [3]. При максимальной анализируемой дигрессии (IV стадия) в категории «здоро-

вый» ($L_n = 80\text{--}81\%$) остается древостой только в 24–28 ступенях толщины.

Проведенный дисперсионный анализ по иерархической схеме (табл. 2), с высоким уровнем значимости ($P < 0,01$) выявил в общей вариации 46% влияния

ступеней толщины (дифференциации деревьев) на относительное жизненное состояние древостоев и 16% влияния стадий дигрессии (диапазонов рекреационно уплотненной почвы).

Таблица 2. Дисперсионный анализ зависимости относительного жизненного состояния древостоев от ступеней толщины и стадий рекреационной дигрессии

Источник варьирования	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Дисперсия	F факт.	F табл., при P		Степень влияния
					0,05	0,01	
Стадии дигрессии	22840,3	3	7613,5	30,07	2,60	3,78	0,16
Ступени толщины	63806,1	252	253,2	3,70	1,00	1,00	0,46
Случайные отклонения	52487,4	768	68,3	–	–	–	0,38
Общее	139133,9	1023	1122,0	–	–	–	–

Значительная доля случайных отклонений (38%) указывает на влияние массы неучтенных факторов на общую изменчивость в структурно преобразующихся насаждениях. Определено, что с изменением их структуры, при переходе между стадиями дигрессии, меняется как набор, так и размерность влияющих факторов [34–38]: фактор видовой емкости проявляет свое влияние на всем анализируемом диапазоне рекреационного воздействия, снижая свою размерность с ростом стадии дигрессии; видовой фонд и ценотический фактор воздействуют только при I–II стадиях; фактор видовой полнотности начинает воздействовать со II стадии, увеличивая свою размерность с ростом трансформации местообитания; фактор синантропизации начинает проявляться с III стадии дигрессии.

Полученные закономерности согласуются с ранее полученными данными в аналогичных рекреационных условиях и указывают на непосредственную связь большей части вариации с эндогенными факторами [2–4, 9, 14, 28, 30, 34, 35, 37], т.е. указывают на наличие в сообществах еще какой-то части здоровых деревьев участвующих во внутри- и межвидовых конкурентных взаимоотношениях на анализируемом диапазоне дигрессии.

Заключение. Анализ древостоев по ступеням толщины, на основе 12 доминирующих древесных фитоценозов ду-

бовой формации сочинского региона, выявил, что в условиях отсутствия или слабо выраженного рекреационного воздействия древостои имеют ступенчато разновозрастную структуру, формирующуюся при длительном воздействии комплекса абиотических и биотических факторов. С ростом рекреационной нарушенности территории, в результате выпадения значительной части деревьев крайних ступеней толщины, отмечается смена структуры древостоев на относительно разновозрастную, с концентрацией деревьев в средних ступенях толщины.

По показателю относительного жизненного состояния при I–IV стадиях дигрессии насаждения в целом оцениваются как ослабленные ($L_n = 56\text{--}74\%$), со снижением устойчивости по мере роста рекреационной трансформации территории. При рассмотрении древостоев по ступеням толщины регистрируется наличие 34,7–42,5% здорового древостоя ($L_n = 80\text{--}98\%$), группирующегося в средних ступенях толщины (16–36), способного полноценно выполнять свою средообразующую роль.

В анализируемом диапазоне рекреационной дигрессии (I–IV стадии) величина относительного жизненного состояния насаждения на 46% зависит от дифференциации деревьев по диаметру и на 16% – от степени рекреационного воздействия.

Полученные в работе результаты могут найти применение при проведении регионального экологического мониторинга, а также при определении мер охраны и создания оптимальных условий для повышения устойчивости дубовых лесов, включая лесохозяйственные мероприятия, направленные на структурную дифференциацию древостоев, с целью обеспечения рационального природопользования в рекреационно-туристской зоне сочинского региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивонин В.М., Пиньковский М.Д., Егшин А.В. Эрозия почв нарушенных при строительстве объектов Олимпиады-2014 // Экология урбанизированных территорий. 2011. № 2. С. 55–61.
2. Щербина В.Г., Белюченко И.С. Мониторинг окружающей среды: методологические основы: учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. Сочи: Изд-во ИЭиВС, 2006. 356 с.
3. 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.
4. Щербина В.Г., Белюченко И.С. Динамика упорядоченности экосистем сочинского побережья в зоне реализации олимпийского проекта // Экологический вестник Северного Кавказа. 2017. Т. 13. № 3. С. 47–54.
5. Ивонин В.М., Авдонин В.Е., Пеньковский Н.Д. Рекреационная экология горных лесов российского Причерноморья. Краснодар: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. 271 с.
6. Кудактин А.Н., Журавлев Е.А. Проблемы рекреационного использования горных лесов Черноморского побережья Кавказа // Успехи современного естествознания. 2006. № 9. С. 40–42.
7. Коваль И.П. Леса Северного Кавказа. Дубовые леса / И.П. Коваль, П.М. Полежаи, И.Н. Лигачев [и др.] // Растительные ресурсы. Ч. 1. Леса. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 1980. С. 49–102.
8. Грудзинская И.А. Широколиственные леса предгорий Северо-Западного Кавказа // В кн.: Широколиственные леса Северо-Западного Кавказа. М.: Наука, 1953. С. 3–186.
9. Щербина В.Г. Рекреационная устойчивость экосистем дубовой формации сочинского региона // Системы контроля окружающей среды. 2018. № 4 (34). С. 128–132.
10. Ильин А.И. Состояние дубрав Северного Кавказа и мероприятия по их улучшению // Сб. работ по лесному хозяйству Северного Кавказа. (Северо-Кавказская ЛОС). Майкоп. 1958. Вып. III. С. 6–26.
11. Кулаков В.Ю., Гарнага В.В. Особенности сукцессионных процессов в порослевых дубравах на южной и северной экспозициях западного Кавказа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2011. № 4 (68). С. 253–262.
12. Лосицкий К.Б. Дуб. М.: Лесная пром-ть, 1981. 101 с.
13. Чеснокова С.М. Лихеноиндикация загрязнения окружающей среды: практикум. Владимир: Изд-во ВГУ, 1999. 33 с.
14. Щербина В.Г. Постолимпийские диапазоны устойчивости и восстановления трансформированных предгорных экосистем // Экологический мониторинг и биоразнообразие. 2015. № 3 (10). С. 46–50.
15. Мелехов И.С. Лесоведение. М.: Лесная пром-сть, 1980. 408 с.
16. Щербина В.Г. Оценка рекреационного повреждения почвенного покрова // Экологический вестник Северного Кавказа. 2007. Т. 3. № 4. С. 37–41.
17. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск: Высшая школа, 1964. 328 с.
18. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
19. Шеффе Г. Дисперсионный анализ / пер. с англ. Б.А. Севастьянова. М.: Наука, 1980. 512 с.
20. Шевцов Б.П., Ларионов Л.А. Возрастная структура спелых древостоев дуба пушистого // XXI сессия ботанических садов Закавказья. Тбилиси. 1985. С. 37–78.

21. *Комин Г.Е.* Изменение рангов деревьев по диаметру в древостое // Труды Института экологии растений и животных УФАИ СССР. Свердловск. 1970. 67. С. 252–261.
22. *Козин Е.К.* О цикличности развития девственных лесов Сихотэ-Алиня // Лесоведение. 1982. № 3. С. 24–31.
23. *Костюкевич Н.И.* Введение в лесную метеорологию. Минск: Высшая школа, 1968. 155 с.
24. *Комин Г.Е., Шевцов Б.П.* Влияние климатических факторов на рост дуба пушистого // Экологические проблемы горных лесов Северного Кавказа. Сб. науч. тр. ВНИИЛМ. М.: 1990. С. 57–61.
25. *Харченко Н.А.* Деградация дубрав Центрального Черноземья. Воронеж: ВГЛТА, 2010. 604 с.
26. *Комин Г.Е.* Смена поколений в разновозрастных лесах и возможности их прогноза // Лесоведение. 1982. № 4. С. 49–55.
27. *Ушатин П.Н.* Основы организации лесного хозяйства в горных лесах. М.: Гослесбумиздат, 1962. 92 с.
28. *Щербина В.Г.* Естественное возобновление эдификатора в рекреационной буковой формации // Экологический вестник Северного Кавказа. 2008. Т. 4. № 4. С. 118–123.
29. *Король Л.Г.* Изменение лесной среды под влиянием рекреационных нагрузок / Л.Г. Король, Г.К. Солнцев, Б.Я. Харитоненко [и др.] // Экологические проблемы горных лесов Северного Кавказа. Сб. науч. тр. ВНИИЛМ. 1990. Вып. 20. С. 45–51.
30. *Щербина В.Г.* Рекреационные изменения фитоценотического ранга в субтропических буково-лавровишневых биогеоценозах Кавказа // Экологический вестник Северного Кавказа. 2007. Т. 3. № 3. С. 89–94.
31. *Мельник А.С., Журавская Е.И.* Граб. М.: Агропромиздат, 1985. 80 с.
32. *Чумакова А.В., Васильев Н.Г.* Ясень. М.: Лесная пром-сть, 1984. 101 с.
33. *Сунцова Л.Н., Иниаков Е.М., Козик Е.В.* Оценка жизненного состояния насаждений общего пользования г. Красноярск // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2010. № 4 (43). С. 69–73.
34. *Щербина В.Г.* Динамика функциональных системных показателей в экосистемах сочинского побережья // Системы контроля окружающей среды. 2017. № 8 (28). С. 101–109.
35. *Щербина В.Г.* Факторная оценка величины трансформации лесной экосистемы сочинского побережья // Системы контроля окружающей среды. 2018. № 12 (32). С. 113–121.
36. *Белюченко И.С.* Экология Кубани. Краснодар: КубГАУ, 2005. Ч. I. 513 с.
37. *Щербина В.Г.* Оценка состояния антропогенно трансформированных экосистем по комплексным показателям // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 45. Ч. 7. С. 64–67.
38. *Щербина В.Г.* Факторный анализ антропогенно трансформированных лесных экосистем сочинского региона // Системы контроля окружающей среды – 2018: Междунар. науч.-техн. конф. (Севастополь, 5–9 нояб. 2018). Севастополь: Колорит, 2018. С. 122–122а.

DYNAMICS OF VITAL CONDITION OF TREE STAND OF OAK FORMATION IN THE RECREATIONAL ZONE OF THE SOCHI REGION

V.G. Scherbina

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

The dynamics of the vital condition of oak plantations in the Sochi region was determined during recreation transformation of habitats. Using generalized results on 12 dominant tree phytocenoses of the oak formation, the characteristic of the change in the structure of plantations with increasing recreational disturbance of the territory from I to IV stage of digression was obtained. In the plantation 34,7–42,5% of the healthy tree stand was registered, grouped in medium thickness levels, capable of fully fulfilling its environment-forming role. It has been established that the value of the relative life state of the plantation by 46% depends on the differentiation of trees in diameter and by 16% – on the degree of recreational impact.

Keywords: Sochi region, recreation, digression, oakery, vital condition, structure, thickness steps.