

УДК 630*424.2:591.553 (470.343)

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ АНОМАЛИЙ 1978 И 1980 ГОДОВ НА СОСТОЯНИЕ ДРЕВОСТОЯ В СОСНЯКАХ СФАГНОВЫХ

Ю.П. Демаков

Лесным экосистемам довольно часто приходится испытывать на себе воздействие климатогенных стрессов, возникающих в результате воздействия неблагоприятных погодных условий. В пределах своего естественного ареала растения хорошо адаптированы к существующим условиям среды и обладают достаточной степенью устойчивости к постоянным их флуктуациям. В ряде случаев, однако, погодные аномалии превышают адаптационные возможности растений, вызывая их ослабление и даже гибель.

Роль климатогенных стрессов в эволюции и формировании биосферы, в целом, и современного облика лесов, в частности, трудно переоценить [5, 14, 15, 19, 24-26, 32, 36]. Климат и в настоящее время является наиболее мощным модифицирующим фактором, оказывающим прямое и косвенное влияние на состояние всех компонентов лесных экосистем, приводя в ряде случаев к расстройству и гибели древостоев на значительных площадях, значительным нарушениям сложившегося в них природного равновесия, глубоким изменениям структуры и хода развития биогеоценозов [2, 7, 9-13, 21, 27, 28, 35, 37, 38, 40, 41].

Сосна обыкновенная является одним из наиболее устойчивых к воздействию климатогенных стрессов видов древесных растений. В пределах своего естественного ареала она практически безболезненно переносит сильные зимние морозы и заморозки в период активной вегетации. Реже, чем другие лесообразующие виды, повреждается бурями, навалами снега, ожеледью. Довольно устойчива она и к засухе, которая лишь в ряде случаев отрицательно отражается на состоянии ее молодых, причем в основном искусственного происхождения [4, 8, 16, 18]. В древостоях среднего, зрелого и даже преклонного возраста под действием засухи происходит лишь снижение текущего годовичного прироста ствола в высоту и толщину. На состоянии сосняков во многих случаях сильнее сказывается не прямое, а косвенное воздействие засух, создающее предпосылки для вспышек массового размножения хвоегрызущих насекомых, а также появления и распространения пожаров.

Гораздо сильнее, чем засуха, влияет на состояние сосняков избыток

осадков, приводящий в результате поднятия уровня грунтовых вод (УГВ) и ухудшения условий аэрации почвы в корнеобитаемом слое [6, 13, 38] к ослаблению и даже отмиранию древостоев в пониженных элементах рельефа. Это явление, известное среди лесоводов как «вымочка» древостоев, - не редкость. Оно является одним из наиболее ярких проявлений природных климатических циклов, часто отмечаемое исследователями во влажные их фазы во многих частях лесной и лесостепной зон Евразии, приводящее к гибели лесов на значительных площадях [1, 3, 9, 27, 28, 35, 37, 40] и способствующее образованию очагов массового размножения ксилофильных насекомых [7, 10, 11, 17, 22, 39], усиливающих отрицательное влияние на насаждения действия избыточного увлажнения.

Последствия данного климатогенного стресса на лесные экосистемы, несмотря на его распространенность, изучены довольно слабо. Имеющиеся в литературе сведения характеризуют явление лишь схематично, в самых общих чертах. Их совершенно недостаточно не только для создания количественных математических, но и словесных качественных моделей динамики постстрессовой реабилитации состояния древостоев. Своей работой мы попытались восполнить в какой-то мере существующий пробел знаний, проведя изучение влияния подъема УГВ, вызванного погодными аномалиями, отмечавшимися в 1978-1980 гг., на состояние сосняков сфагновых.

Погодные аномалии начали отмечаться в 1978 году довольно рано. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C в сторону увеличения произошел 16 марта, что 18-23 дня раньше климатической нормы [29, 30]. Весна оказалась, однако, очень затяжной. С начала третьей декады апреля установилась прохладная погода, которая удерживалась на протяжении всего вегетационного периода: 12 декад подряд, вплоть до середины августа, отмечались отрицательные отклонения температуры воздуха от климатической нормы, достигавшие $3-5^{\circ}\text{C}$. Особенно холодной была первая неделя июня, в течение которой среднесуточная температура воздуха не превышала $3-8^{\circ}\text{C}$.

Устойчивый переход среднесуточной температуры через $+15^{\circ}\text{C}$ в сторону увеличения произошел на неделю позднее обычных сроков, но настоящего летнего тепла, когда дневной максимум температуры превышает 30°C , не отмечалось даже и в июле. Ночи же в течение всего вегетационного периода были довольно холодными. Сумма активных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$, необходимых для нормального развития многих растений, составила $1740-1870^{\circ}\text{C}$, что на $240-290^{\circ}\text{C}$ меньше нормы. Ве-

роятность повторения таких холодных лет невелика и не превышает, по данным ГМС Йошкар-Ола, 10%.

1978 год, наряду с холодной погодой, отличался обильными осадками: за три летних месяца было 40-45 дождливых дня, т.е. дожди выпадали в среднем через день. Основная масса осадков выпала в первой половине лета. Особенно много их выпало в июне (местами их количество превышало норму в 2,5-3 раза). Сумма осадков за май-сентябрь составила в пределах Марийской низменности 150-170% от нормы. Гидротермический коэффициент за вегетационный период составил 2,0-2,6 отн. ед., что соответствует вероятности встреч не более 5%.

Большое количество осадков в условиях низкого температурного режима привело к избыточному увлажнению почв и значительному поднятию УГВ. В сфагновых верховых болотах и понижениях рельефа в лесу вода в конце лета вышла на поверхность почвы, а в некоторых случаях образовались даже небольшие озерца. Подъем УГВ в Марийской низменности произошел не только в результате погодных аномалий, но и типичного постпирогенного заболачивания территории [33, 34] из-за гибели в 1972 году древостоев на большой площади.

Осень 1978 года была холодной и дождливой. Необычно холодным был также декабрь. Особенно холодно было в новогоднюю ночь, когда был перекрыт абсолютный климатический минимум температур для условий Марий Эл.

Весна в 1979 году наступила поздно, но оказалась очень теплой и необычайно дружной [30, 31]. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C к положительным значениям произошел только 24 апреля (на 16-20 дней позднее обычного), но уже к концу месяца среднесуточная температура превысила $+10^{\circ}\text{C}$, а снег сошел полностью не только на полях, но и в лесу. Это вызвало небывало высокий паводок на реках Республики. Со 2 мая установилась по-летнему теплая погода со среднесуточной температурой $15-20^{\circ}\text{C}$. В дневные часы воздух прогревался до $25-31^{\circ}\text{C}$. В мае было порядка 16-20 таких дней.

В июне, после необычно теплого мая, наступило похолодание. Особенно холодной оказалась первая половина месяца (на 6°C ниже нормы), в течение которой среднесуточная температура воздуха не превышала $8-13^{\circ}\text{C}$, а в ночное время часто отмечались заморозки (до -6°C на поверхности почвы). Июль и август характеризовались устойчивой теплой погодой. Среднесуточная температура воздуха была преимущественно в пределах $17-23^{\circ}\text{C}$, а максимальная температура в наиболее жаркие дни достигала $30-33^{\circ}\text{C}$. Переход среднесуточной температуры воздуха через

+15°C в сторону понижения произошел только 31 августа, что на 6-9 дней позднее среднемноголетних сроков. Всего за летний период было 81-86 дней со среднесуточной температурой +15°C и выше, а сумма активных температур выше +10°C составила 1950-2080°C, немногим превышая климатическую норму.

Осадки в 1979 году выпадали крайне неравномерно. Их сумма в мае составила порядка 6-28% нормы, в июне - 45-85%. Коэффициент увлажнения за первые два месяца вегетации растений составил всего 0,4-0,7 отн. ед., однако УГВ из-за больших запасов воды в снежном покрове, превышавших норму на 20-50%, и почве оставался в это время довольно высоким. Наиболее обильными дождями отличался июль, за который выпало 85-160 мм осадков, или 150-240% нормы. В августе было всего 2-4 значительных дождя, во время которых выпало 15-60 мм осадков, или 20-90% нормы. Гидротермический коэффициент за вегетационный период в целом составил 1,0-1,3 единицы.

Весенне-летний период 1980 года по своим параметрам был близок к 1978 году, от которого он отличался более теплой погодой в первой своей половине. Из 15 декад активной вегетации 10 имели отрицательные отклонения температуры воздуха от нормы и положительные по осадкам, сумма которых за май-сентябрь составила в разных районах Республики 400-570 мм, или 135-180% от средней многолетней [31]. Теплая часть лета, когда произошел переход среднесуточной температуры воздуха через +15°C в сторону понижения, закончился 3 августа, что 19-20 дней раньше климатической нормы. Активных температур накопилось за лето несколько больше, чем в 1978 году (1800-2000°C), но значительно ниже климатической нормы. Гидротермический коэффициент составил 1,8-2,4 единицы. Вероятность появления года с такой высокой влагообеспеченностью не превышает 5%.

Еще менее вероятным, а возможно даже уникальным, явилось повторение многих климатических аномалий в течение нескольких лет подряд, если включить в этот ряд 1972, 1973 и 1975 гг., отличавшиеся, наоборот, большим недобором осадков и значительными положительными отклонениями температур от нормы.

Недостаток тепла в период вегетации 1978 года не позволил многим древесным и кустарниковым растениям по-настоящему завершить свое сезонное развитие и подготовиться к предстоящей суровой зиме. Условия осени и предзимья также не способствовали хорошему закаливанию растений, так как в ноябре в течение 17-20 дней отмечались оттепели,

во время которых температура воздуха повышалась до +5, +8°C. В результате этого полностью погибли или сильно пострадали не только некоторые экзоты и культурные сорта яблони, но и ряд наиболее теплолюбивых аборигенов: дуб черешчатый, клен остролистный, лещина и даже ракитник русский, буйно разросшийся на горях 1972 года. Хвойные аборигенные древесные растения климатогенный стресс, обусловленный в большей степени недостатком летнего тепла и избытком влаги в почве, нежели зимними морозами, перенесли менее болезненно, снизив в основном на некоторое время прирост в высоту и толщину.

Объектом наших детальных исследований явились 230-летние сосняки кустарничково-пушицево-сфагновые, произрастающие на верховом болоте площадью 196 га, расположенном в двух километрах от левого берега реки Б. Кокшага (кв. 34,35, 48 и 49 Старожильского лесничества Пригородного лесхоза). На данном объекте в 1981 году заложили четыре постоянные пробные площади, на которых детально описали и пронумеровали 1316 живых дерева. В дальнейшем ежегодно вплоть до 1997 года проводили инвентаризацию их текущего состояния, а также осуществляли ежедекадные наблюдения за УГВ с помощью постоянно закрепленной в колодце линейки с миллиметровыми делениями. Для оценки воздействия колебаний УГВ на состояние деревьев дополнительно был проведен анализ динамики их радиального годичного прироста. Краткая характеристика древостоя и его размерной структуры представлена в табл. 1 и табл. 2. Детальные наблюдений на постоянных пробных площадях дополняли материалами наземного и аэровизуального обследования лесов Марий Эл, а также анализом данных лесоустройства, проведенного в 1982-1983 годах.

Таблица 1

**Краткая характеристика стационарных объектов в 230-летних
сосняках сфагновых по состоянию на начало 1981 года**

Номер пробной площади	Размер		Таксационные показатели			Пораженность деревьев, %		
	м	га	Д ср., см	Н ср., м	Полнота	короедом D. micans	сосновой губкой	лосями
25	120x45	0,54	21,1	11,0	0,54	0,0	8,1	3,8
26	75x75	0,56	19,6	14,0	0,81	0,0	5,9	1,4
27	100x50	0,50	17,3	9,6	0,61	4,4	9,4	1,5
28	100x50	0,50	19,7	12,0	0,80	12,9	11,2	13,9

Размерная структура древостоя на стационарных объектах

Номер пробной площади	Год	Число деревьев (шт.) по ступеням толщины (см)*												
		8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	Всего
25	1981	-	1	2	11	22	38	33	45	29	13	10	5	209
	1996	-	0	1	6	11	24	22	32	21	6	6	4	133
26	1981	6	17	27	31	40	70	98	68	46	28	7	1	439
	1996	4	4	11	16	17	30	46	25	31	16	1	0	201
27	1981	3	24	32	58	62	61	46	35	16	2	1	1	341
	1996	2	9	22	34	39	40	33	28	13	2	1	1	224
28	1981	1	4	21	28	48	64	63	53	24	19	7	7	339
	1996	1	0	10	19	31	47	54	47	23	18	7	7	264

Примечание: размеры деревьев по ступеням толщины даны по результатам измерения их диаметра, проведенного в 1981 году.

Исследования показали, что в результате погодных аномалий пострадали не только сосняки на олиготрофных (верховых) болотах Марийской низменности, но и также сосняки, произрастающие в междюнных западинах-«мочажинах», по окраинам болот, особенно возле дамб и гидротехнических сооружений, преграждающих естественный сток грунтовых и верховых вод. В разновозрастных древостоях отмирали в основном деревья старших поколений, которые не могли быстро адаптироваться к резко изменившемуся гидрологическому режиму почвы. Молодые деревца и подрост были более жизнестойки. В одновозрастных древостоях отпад деревьев происходил в пределах всего их размерного диапазона со слабо выраженной тенденцией увеличения их выживаемости по мере возрастания диаметра стволов (рис.1, табл. 3). Гибель деревьев в возрасте 80-100 и даже 270 лет в сосняках сфагновых, которые хорошо адаптированы к избыточному увлажнению, подчеркивает особую уникальность сложившихся погодных условий. Действительно, как показали специально поставленные опыты [38], к летальному исходу деревьев сосны в условиях избыточного увлажнения приводит лишь отмирание более 90% активных корней. При сохранении у деревьев всего около 15% корней происходит лишь снижение прироста на 50-75% по сравнению с контролем. При сохранении же 60% корней разница в приросте составляет всего 13-22%.

Характер распада древостоев и послестрессовой реабилитации их состояния зависел, как показали исследования, от уровня подтопления, типа леса и возраста деревьев. Быстрее и значительно быстрее распадались сос-

няки пушицево-сфагновые, занимающие крайнее по увлажненности место в сфагновой группе типов леса. Значительно слабее темпы отпада были в сосняках кустарничково-сфагновых, особенно голубично-сфагновых. В большинстве случаев продолжительность активного распада древостоев составляла 8-10 лет, сокращаясь до 2-3 лет и завершаясь практически полным их отмиранием при большом и длительном подъеме УГВ.

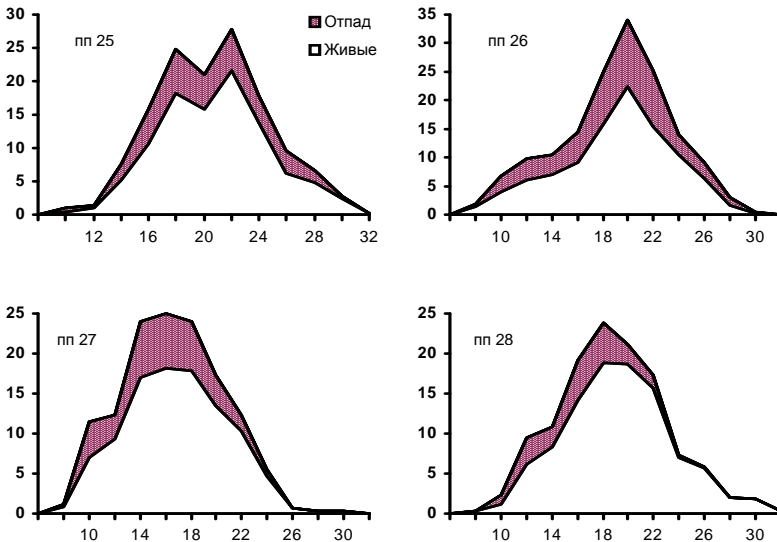


Рис. 1. Изменение размерной структуры древостоя в сосняке кустарничково-сфагновом в результате климатогенной «вымочки»: по оси абсцисс - ступени толщины деревьев, см; по оси ординат - доля от общего числа деревьев, %.

Таблица 3
Выживаемость деревьев в 230-летних сосняках за период с 1980 по 1995 гг.

Ступень толщины, см	Выживаемость деревьев на пробных площадях, %				
	№ 25	№ 26	№ 27	№ 28	В среднем
10-12	33	34	55	40	40
14-16	52	46	67	53	54
18-20	65	45	70	80	65
22-24	72	49	80	91	73
26-28	57	48	100	96	75
В целом, %	64	42	66	78	62

Послестрессовая реабилитация древостоев, которая особенно рельефно вырисовывается при анализе динамики состояния деревьев по внешнему виду их крон, началась в 1982-1983 гг., когда наметилась некоторая тенденция к его улучшению (табл. 4). Процесс оздоровления древостоев, как свидетельствуют приведенные данные, происходил ступенчато (рис. 2), что вообще-то характерно для многих биологических явлений. Вначале в насаждениях резко сократилось число деревьев V и IV категорий, затем III и, наконец, II. Соответственно этому изменялся показатель средней категории состояния живых деревьев и индекс их ослабленности, оцененный по формуле:

$$J_{\text{ос.}} = (0,25 \cdot N_2 + 0,7 \cdot N_3 + 0,95 \cdot N_4) / \Sigma N_{1-4},$$

где N_i - число деревьев i -той категории состояния.

В течение первых 4-7 лет после начала подъема УГВ древостои, в зависимости от степени подтопления, были сильно ослабленными (число деревьев III категории состояния составляло в них 43...80 %, а индекс ослабленности древостоя - 0,49...0,69). На 5-8 год они перешли в категорию ослабленных, в которой продолжали оставаться от двух до пяти лет. В 1988 году на всех пробных площадях скачкообразно улучшился внешний вид деревьев, что было обусловлено недобором осадков в 1986-1987 гг. и падением УГВ. С этого момента начался завершающий этап послестрессовой реабилитации состояния деревьев, в течение которого происходили очень незначительные волнообразные их изменения. Внешний вид крон полностью восстановился у подавляющего числа оставшихся живых деревьев лишь спустя 10-12 лет после возникновения стрессовой ситуации.

Таблица 4

Динамика состояния перестойных сосняков сфагновых, подвергшихся «вымочке»

Год	Число деревьев разных категорий состояния, %						Индексы состояния	
	I	II	III	IV	V	VI	K_{I-IV}	J_{I-IV}
Пробная площадь № 25 - мощность стресса средняя								
1980	0,9	12,7	80,3	1,3	1,8	3,0	2,86	0,637
1981	0,0	13,2	76,8	1,3	3,9	4,8	2,87	0,638
1982	0,4	9,7	72,8	3,5	4,9	8,7	2,92	0,656
1983	0,4	10,1	68,5	0,4	7,0	13,6	2,87	0,640
1984	0,9	18,4	57,1	2,6	0,4	20,6	2,78	0,595
1985	3,1	28,1	43,8	0,9	3,1	21,0	2,56	0,508
1986	3,5	33,3	29,4	1,8	7,9	24,1	2,43	0,450
1987	16,2	37,7	13,1	0,0	1,0	32,0	1,95	0,278
1988	44,7	17,5	1,0	0,0	3,8	33,0	1,31	0,080
1989	51,9	9,6	1,3	0,4	0,0	36,8	1,21	0,058
1990	45,6	11,0	2,6	1,8	2,2	36,8	1,35	0,103

Год	Число деревьев разных категорий состояния, %						Индексы состояния	
	I	II	III	IV	V	VI	K _{I-IV}	J _{I-IV}
1991	37,7	16,3	5,7	0,0	1,3	39,0	1,46	0,135
1992	44,8	12,3	2,2	0,0	0,4	40,3	1,28	0,078
1993	45,3	10,5	2,6	0,0	0,9	40,7	1,27	0,076
1994	46,6	8,8	2,6	0,0	0,4	41,6	1,24	0,069

Пробная площадь № 26 - мощность стресса высокая

1980	0,0	15,2	73,1	2,3	1,9	7,5	2,86	0,631
1981	0,0	9,8	75,4	3,1	2,3	9,4	2,92	0,659
1982	0,2	4,8	69,8	4,6	8,9	11,7	2,99	0,686
1983	0,2	6,9	56,0	5,6	10,7	20,6	2,98	0,673
1984	0,4	8,3	50,2	8,1	1,7	31,3	2,98	0,670
1985	2,9	27,3	28,1	1,9	6,8	33,0	2,48	0,470
1986	9,0	24,8	14,4	2,3	9,7	39,8	2,20	0,365
1987	20,8	23,4	5,2	0,2	0,9	49,5	1,69	0,195
1988	32,7	9,6	1,0	0,2	5,2	50,4	1,28	0,076
1989	37,5	4,8	0,6	0,0	1,5	55,6	1,14	0,038
1990	40,0	2,3	0,6	0,0	0,0	57,1	1,08	0,023
1991	39,1	2,4	1,2	0,0	0,2	57,1	1,11	0,034
1992	39,6	1,9	0,5	0,2	0,5	57,3	1,08	0,024
1993	39,4	2,1	0,7	0,0	0,0	57,8	1,08	0,024
1994	40,3	1,2	0,7	0,0	0,0	57,8	1,06	0,019

Пробная площадь № 27 - мощность стресса низкая

1981	0,6	33,9	63,7	1,8	0,0	0,0	2,67	0,548
1982	4,7	43,9	48,5	2,0	0,9	0,0	2,48	0,472
1983	2,3	32,5	55,0	3,8	5,3	0,9	2,64	0,537
1984	2,0	35,8	48,3	2,0	5,5	6,4	2,57	0,507
1985	11,4	46,8	29,8	0,0	0,1	11,9	2,21	0,370
1986	14,3	44,4	21,2	2,3	5,8	12,0	2,14	0,342
1987	27,8	43,3	9,0	0,3	1,8	17,8	1,77	0,217
1988	50,0	22,2	2,9	0,6	4,7	19,6	1,39	0,108
1989	51,5	19,9	2,3	0,3	1,7	24,3	1,34	0,093
1990	52,6	18,1	1,8	0,3	1,2	26,0	1,31	0,083
1991	52,6	15,2	3,5	0,6	0,9	27,2	1,33	0,095
1992	55,9	14,0	2,0	0,0	0,0	28,1	1,25	0,068
1993	59,9	9,6	1,8	0,0	0,6	28,1	1,19	0,051
1994	57,8	11,4	1,8	0,0	0,3	28,7	1,21	0,058

Пробная площадь № 28 - мощность стресса низкая

1981	6,8	37,4	55,2	0,6	0,0	0,0	2,50	0,486
1982	2,4	38,0	56,3	0,6	2,7	0,0	2,57	0,509
1983	8,8	57,6	29,8	0,0	1,1	2,7	2,22	0,367
1984	8,3	52,3	32,4	0,0	3,2	3,8	2,26	0,384

Год	Число деревьев разных категорий состояния, %						Индексы состояния	
	I	II	III	IV	V	VI	K_{I-IV}	J_{I-IV}
1985	17,1	56,0	19,8	0,0	0,1	7,0	2,03	0,300
1986	15,0	48,4	23,6	1,2	4,7	7,1	2,12	0,337
1987	34,6	43,0	9,4	0,3	0,9	11,8	1,72	0,202
1988	61,4	19,1	1,8	0,0	5,0	12,7	1,28	0,073
1989	62,4	18,2	0,9	0,0	0,8	17,7	1,25	0,063
1990	71,8	7,6	0,3	0,0	1,8	18,5	1,10	0,026
1991	68,5	9,4	0,9	0,0	0,9	20,3	1,14	0,038
1992	66,1	11,8	0,6	0,3	0,0	21,2	1,18	0,046
1993	70,6	7,6	0,3	0,0	0,3	21,2	1,10	0,027
1994	71,1	7,1	0,0	0,0	0,3	21,5	1,09	0,023

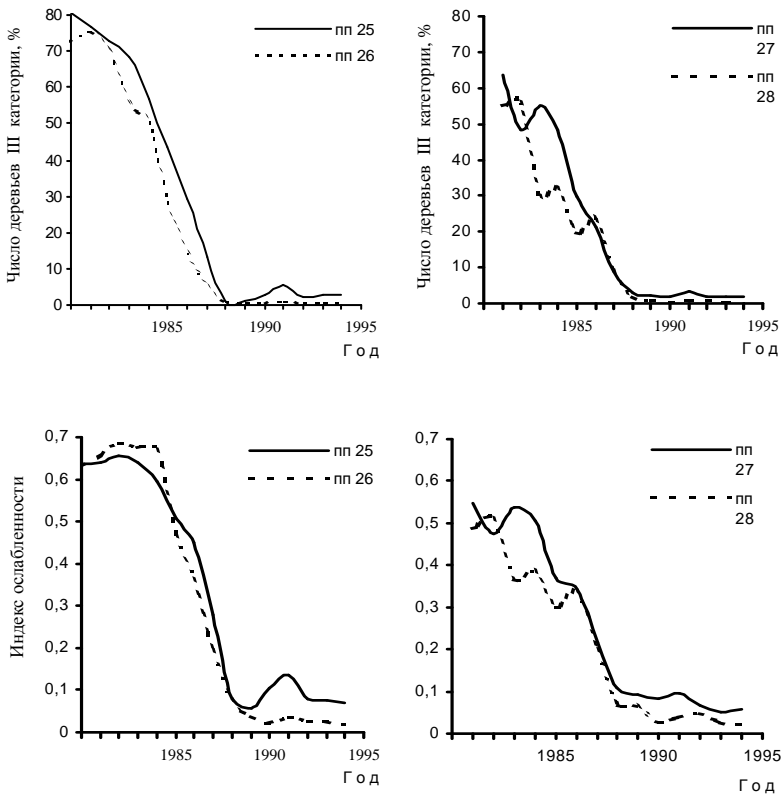


Рис. 2. Динамика состояния древостоя в 230-летнем сосняке сфагновом после погодных аномалий 1978-1980 гг.

Отпад деревьев происходил при непосредственном участии насекомых-ксилобионтов, которые заселяли их по трем основным типам: комлевому, стволовому и одновременному. В древостоях с высоким уровнем подтопления, погибших полностью в течение первых 2-3 лет, деревья заселялись по ярко выраженному комлевому типу. Первопоселенцем был большой сосновый лубоед *Tomicus piniperda* L., редко – синяя сосновая златка *Phaenops cianea* F. В составе производных экологических группировок доминировал черный сосновый усач *Monochamus galloprovincialis* Ol., поселявшийся в зоне тонкой коры.

При менее высоком уровне подтопления деревья в первые 2-3 года также заселялись в основном по комлевому типу. В дальнейшем же стал доминировать стволовой, обусловленный нападением сосновой вершинной смолевки *Pissodes piniphilus* Hrbst., имеющей двухгодичный цикл развития. Лёт ее и заселение деревьев происходили только в нечетные годы, что нашло отражение во флуктуациях величины отпада (рис. 3). Производные и окончательные экологические группировки насекомых-ксилобионтов формировались на деревьях лишь на следующий после нападения год. Ниже района поселения смолевки в зоне грубой коры в них участвовали большой, малый и фиолетовый сосновые лубоеды, хвойный полосатый древесинник, серый длинноусый усач и рагий-инквизитор. Выше занятого ею района или внутри него, что отмечалось нечасто, поселялись малый сосновый лубоед, черный сосновый усач и изредка граверы: обыкновенный *Pityogenes chalcographus* L. и мюнхенский *Pityogenes monacensis* Fuch. Одновременный тип заселения, обусловленный нападением большого и малого сосновых лубоедов, встречался редко. Структура комплекса насекомых-ксилобионтов, оцененная по данным анализа 220 модельных деревьев, оказалась следующей:

Вид насекомого	Встречаемость, %
<i>Tomicus piniperda</i> L.	87
<i>Tomicus minor</i> Hart.	49
<i>Tripodendron lineatum</i> Ol.	23
<i>Hylurgops palliatus</i> Gyll.	9
<i>Pityogenes monacensis</i> Fuch.	8
<i>Pityogenes chalcographus</i> L.	10
<i>Ips acuminatus</i> Gyll.	1
<i>Ips sexdentatus</i> Boern.	1
<i>Pissodes piniphilus</i> Hrbst.	63
<i>Pissodes pini</i> L.	3
<i>Phaenops cianea</i> F.	11
<i>Monochamus galloprovincialis</i> Ol.	68
<i>Acanthocinus aedilis</i> L. + <i>Rhagium inquisitor</i> L.	67
<i>Siricidae</i> sp. (<i>S. noctilio</i> F., <i>S. juvencus</i> L.)	0,4

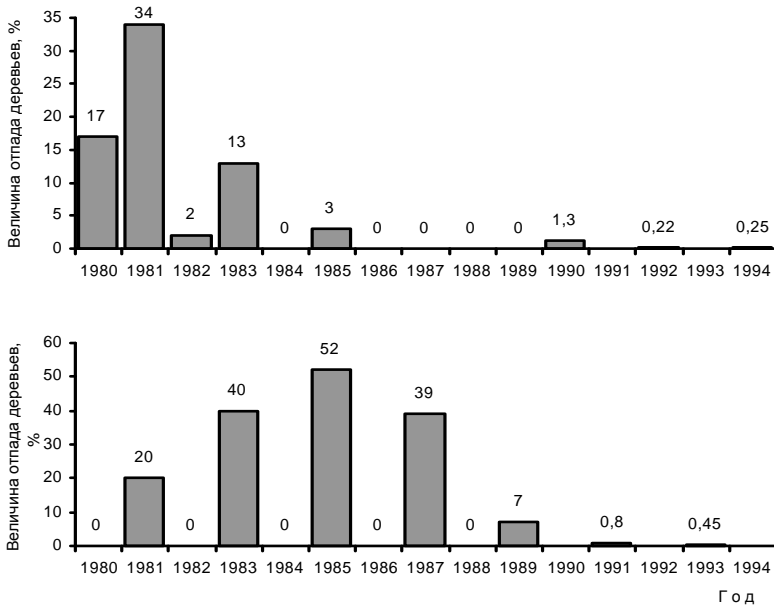


Рис. 3. Динамика отпада деревьев в 230-летних сосняках сфагновых, подвергшихся климатогенной вымочке: А – деревья, заселенные сосновыми лубоедами по комлевому и одновременному типам, Б – деревья, заселенные сосновой вершинной смолевкой по стволловому типу.

Результаты наших исследований существенно отличается от данных других исследователей по этому вопросу [7, 17, 20, 22, 23]. Так, в частности, отмеченный ими короед дендроктон *Dendroctonus micans* Kugl. не имел в период проведения наших исследований значительного распространения и не оказывал значительного влияния на величину отпада деревьев в сосняках сфагновых.

В динамике отпада деревьев, как свидетельствуют приведенные данные, обнаруживается определенная закономерность, свойственная очагам массового размножения стволовых вредителей, выражающаяся в прохождении трех четко выраженных фаз: роста численности, ее максимума и разреживания. Увеличение числа деревьев, заселенных стволовыми насекомыми по комлевому и одновременному типам, отмечалось только в течение первых двух лет. Число же деревьев, заселенных по стволловому типу, увеличивалось вплоть до 1985 года, т.е. в течение 5-7 лет после воздействия климатогенного стресса. Нарастание числен-

ности сосновой вершинной смолевки *Pissodes piniphilus* Hrbst. происходило в течение трех ее поколений, несмотря на оздоровление древостоя и увеличение величины радиального прироста деревьев. Результаты проведенных исследований, таким образом, убедительно свидетельствуют о активной роли вершинной смолевки в процессе распада подвергшихся «вымочке» сосновых древостоев. При отсутствии в лесных экосистемах данного насекомого, вспышки массового размножения которого отмечаются сравнительно редко, последствия воздействия климатогенного стресса на древостои были бы менее значительными. Динамика же численности сосновых лубоедов всецело зависела от состояния кормовой базы и их роль в интенсификации процесса распада ослабленных древостоев была несущественной.

Математическая модель динамики выживаемости деревьев в «вымочке» представляет собой аддитивную смесь функций временного тренда, описываемого уравнением Ципфа-Парето, и затухающей волны стрессового возбуждения с периодом 2 года (рис. 4, табл. 4), связанной с деятельностью сосновой вершинной смолевки.

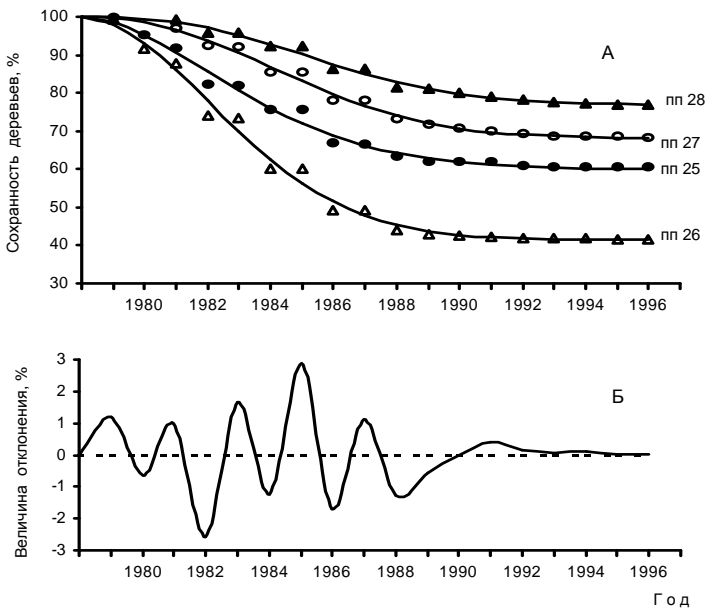


Рис. 4. Динамика выживаемости деревьев в 230-летних сосняках сфагновых.; А - эмпирические данные и временной тренд; Б - волновая составляющая, описанная уравнением $Y = 0,147 \cdot t^{3,75} \cdot \exp(-0,674 \cdot t) \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot t / 2,17) + 8,67 \cdot \exp(-1,999 \cdot t)$; $R^2 = 0,832$.

Параметры функции Ципфа-Парето-Мандельброта, описывающей динамику выживаемости деревьев в сосняках, подвергшихся климатогенной «вымочке»

№№ пр. пл	Мощность стресса	Значение параметров функции $W = (100 - m) \cdot \exp(-a \cdot t^b) + m^*$			
		a	b	m	R ²
25	Средняя	0,0381	1,774	60,0	0,989
26	Высокая	0,0345	1,889	41,4	0,990
27	Низкая	0,0095	2,249	68,2	0,987
28	То же	0,0042	2,511	77,0	0,986

Примечание: $t_0 = 1978$.

Результаты исследований позволяют сделать ряд выводов.

1. На ход течения природных процессов в экосистемах оказывают влияние не медленные изменения климата, а погодные аномалии отдельных лет.

2. Погодные условия 1978-1980 гг. в Республике Марий Эл, отличавшиеся недостатком тепла и избытком осадков в период активной вегетации растений, можно считать особо аномальными. Подтверждением этому является факт расстройств и гибели на значительных площадях средневозрастных, спелых и перестойных древостоев в сосняках сфагновых, которые хорошо адаптированы к избыточному увлажнению.

3. Характер распада древостоев и послестрессовой реабилитации их состояния зависел от уровня подтопления и возраста деревьев. Быстрее и значительнее распадались сосняки пушицево-сфагновые, занимающие крайнее по увлажненности место в сфагновой группе типов леса. В сосняках кустарничково-сфагновых, а особенно голубично-сфагновых, интенсивность отпада деревьев была слабее. В большинстве случаев продолжительность активного распада древостоев составляла 8-10 лет, сокращаясь до 2-3 лет и завершаясь практически полным их отмиранием при большом и длительном подъеме УГВ.

4. Улучшение состояния древостоев, подвергшихся климатогенной «вымочке», начинается спустя 3-5 лет после воздействия стресса, а полная реабилитация завершается через 10-12 лет. Процесс оздоровления древостоев происходил ступенчато, что вообще-то характерно для многих биологических явлений. В течение первых 4-7 лет после начала подъема УГВ древостой, в зависимости от степени подтопления, были сильно ослабленными. Затем они перешли в категорию ослабленных, в которой продолжали оставаться от двух до пяти лет.

5. Математическая модель динамики сохранности деревьев после климатогенного стресса представляет собой аддитивную смесь функций временного тренда, описываемого уравнением Ципфа-Парето, и затухающей сложной волновой составляющей.

6. Стрессовая ситуация, обусловленная экстремальными погодными условиями, усиливается воздействием на древостои, особенно перестойные, насекомых-ксилобионтов, которые заселяли деревья по трем основным типам: комлевому, стволовому и одновременному. В древостоях с высоким уровнем подтопления, погибших полностью в течение первых 2-3 лет, деревья заселялись по ярко выраженному комлевому типу. Первопоселенцем был большой сосновый лубоед. При менее высоком уровне подтопления деревья в первые 2-3 года также заселялись в основном по комлевому типу. В дальнейшем же стал доминировать стволовый, обусловленный нападением сосновой вершинной смолевки. В состав комплекса насекомых-ксилобионтов входило 17 видов.

Библиографический список

1. Абашкин С.А. Климатическая цикличность и влияние ее на некоторые отрасли хозяйственной деятельности человека и биологические процессы в Барабе // Природные циклы Барабы и их хозяйственное значение. - Новосибирск: Наука, 1982. С. 55-65.
2. Анненская Г.Н., Мамай И.И. Последствия экстремальных условий погоды в различных типах природных территориальных комплексов // Вестник МГУ. Сер. географ. - 1975. - № 1. - С. 101-105.
3. Арефьева В.А., Кеммерих А.О. О подтоплении лесов грунтовыми водами // Лес. хоз-во. - 1951. - № 8. - С. 62-64.
4. Астратова А.Н., Камалтинов Г.Ш. Влияние засухи 1972-1973 гг. на рост казанских географических культур сосны обыкновенной // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: ЛТА, 1976. Вып. 5. С. 81-84.
5. Берг Л.С. Климат и жизнь. - М.: Географгиз, 1947. - 355 с.
6. Веретенников А.В. Физиологические основы устойчивости древесных растений к временному избытку влаги в почве. - М.: Наука, 1968. - 214 с.
7. Воронцов А.И. Патология леса. - М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 272 с.
8. Данилов М.Д., Патрикеев Е.И. Дефицит влаги в почве и его влияние на особенности ростовых процессов сосны обыкновенной в период засухи 1972-1973 гг. в условиях марийского и чувашского левого бережья Волги // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: ЛТА, 1976. Вып. 5. С. 48-53.
9. Демаков Ю.П. Влияние экстремальных погодных условий и колебаний уровня грунтовых вод на состояние сфагновых сосняков Республики Марий Эл // Рубки и восстановление леса в Среднем Поволжье: Сб. науч. тр. М.: ВНИИЛМ, 1992. С. 15-30.
10. Демаков Ю.П. Результаты многолетних мониторинговых наблюдений за состоянием кормовой базы ксилофильных насекомых в сосняках Марий Эл // Лесохоз. информ. ВНИИЛесресурс, 1997. - Вып. 7.- С. 22-33.

11. Демаков Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологический и методический аспекты). – Йошкар-Ола, 2000. – 416 с.
12. Демаков Ю.П. Итоги мониторинга за динамикой уровня грунтовых вод и состоянием древостоя // Проблемы государственного мониторинга природной среды на территории Республики Марий Эл: Матер. первой республ. научно-практ. конф. 25-26 июня 2002 г. – Йошкар-Ола, 2002. С. 93-97.
13. Долгушин И.Ю. Особенности влияния дождей на заболоченные и болотные леса Западной Сибири // Изв. АН СССР. Сер. географ. - 1973. - № 4. С. 70-79.
14. Израэль Ю.А., Семенов С.М., Хачатуров М.А. Биоклиматология и актуальные проблемы оценки последствий глобального изменения климата для экосистем суши // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. - СПб.: Гидрометеиздат, 1992. Т. 14. С. 8-20.
15. Колосов Э.Г. Прогнозная оценка зональных ландшафтно-экологических условий в свете предстоящих глобальных изменений климата // География и природные ресурсы. – 1999. - № 3. – С. 5-12.
16. Котов М.М., Котова Л.И., Молотова Л.М. К вопросу о причинах усыхания сосны в молодых культурах Марийской АССР // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: ЛТА, 1976. Вып. 5. С. 75-79.
17. Кривошеина Н.П. Влияние избыточного увлажнения на формирование комплексов ксилофильных насекомых // Сообщества ксилофильных насекомых в условиях избыточного увлажнения. - М.: Наука, 1987. С. 6-15.
18. Кузнецов Н.А., Данилов П.М., Мурзов А.И. Выживаемость густых сосновых культур на боровых почвах в условиях засухи 1972-1973 гг. в Среднем Поволжье // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: ЛТА, 1976. Вып. 5. С. 38-41.
19. Максимов А.А. Природные циклы (причины повторяемости экологических процессов). - Л.: Наука, 1989. - 236 с.
20. Маслов А.А. Динамика соснового древостоя на олиготрофном лесном болоте близ Звенигорода: вспышка большого соснового лубоеда и ее причины // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 2001. – Т. 106. - № 3.
21. Маслов А.Д. Усыхание еловых лесов от засух на европейской территории СССР // Лесоведение. - 1972. - № 6. - С. 77-87.
22. Маслов А.Д., Кутеев Ф.С., Прибылова М.В. Стволовые вредители леса. М.: Лес. пром-сть, 1973. - 144 с.
23. Машнина Т.И. Характеристика очагов вредителей стволов сосны в условиях избыточного увлажнения // Бюл. научно-техн. информ. БелНИИЛХ. 1958. № 3. С. 34-37.
24. Минин А.А. Климат и экосистемы суши: взаимосвязи и пространственно-временная изменчивость // Итоги науки и техники. Сер. «Метеорология и климатология». - М.: ВИНТИ, 1993. Т. 19. - 172 с.
25. Монин А.С. История Земли. - Л.: Наука, 1977. - 228 с.
26. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. - Л.: Гидрометеиздат, 1979 - 407 с.

27. Науменко И.М. Усыхание дуба в лесах Воронежской области - его размер, характер и причины // Науч. зап. Воронеж. лесохоз. ин-та. - Воронеж, 1950. Т. 11. С. 39-59.
28. Никольский Д.Л. «Вымочки» // Лесн. хоз-во. - 1951. - № 5. - С. 96.
29. Обзор агрометеорологических условий за 1977/78 сельскохозяйственный год по Марийской АССР. - Горький, 1978. - 24 с.
30. Обзор агрометеорологических условий за 1978/79 сельскохозяйственный год по Марийской АССР. - Горький, 1979. - 29 с.
31. Обзор агрометеорологических условий за 1979/80 сельскохозяйственный год по Марийской АССР. - Горький, 1980. - 28 с.
32. Переведенцев Ю.П. Глобальные изменения окружающей среды и климата: Учебное пособие. - Казань: КГУ, 1998. - 63 с.
33. Преображенская Е.С., Попов С.Ю. Растительность гарей Ветлужско-Унжеского междуречья // Структура и динамика экосистем южнотаежного За-волжья. -М., 1989. С. 64-86.
34. Пьявченко Н.И. Условия заболачивания еловых лесов и гарей в Велико-лукской и Вологодской областях // Тр. ин-та леса АН СССР. - М., 1955. Т. 26. С. 17-61.
35. Пьявченко Н.И., Кошечев А.Л. Причины вымочек леса в Западной Сиби-ри// Тр. ин-та леса АН СССР. - М., 1955. Т. 26. С. 124-134.
36. Резанов И.А. Великие катастрофы в истории Земли. - М.: Наука, 1980. 175 с.
37. Рожков А.А., Козак В.Т. Устойчивость лесов. - М.: Агропромиздат, 1989.- 239 с.
38. Русаленко А.И. Структура и продуктивность лесов при подтоплении и затоплении. - Мн.: Наука и техника, 1983. - 175 с.
39. Старк В.Н. Вредные лесные насекомые. - М.-Л.: Сельхозгиз, 1931.- 455 с.
40. Ушаков Б.А. Причины вымокания сосновых насаждений Припятского Полесья // Лес. хоз-во. - 1978. - № 6. - С. 23-26.
41. Шевырев И.Я. Опустошительное размножение короедов в Средней Рос-сии с 1882 по 1894 гг. и попытки борьбы с ними // Сельское хоз-во и лесово-дство. - 1896. - Т. 183. - № 10. - С. 523-545.