УДК 581.1.02;551.58

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАЛЕНДАРНОГО ГОДА В ВОРОНЕЖСКОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

И.И. Сапельникова, И.В. Базильская

Воронежский государственный природный биосферный заповедник им. В.М. Пескова, Россия, 394080, г. Воронеж, is@reserve.vrn.ru

Реферат. Воронежский биосферный государственный заповедник имеет многолетние фенологические данные. Это позволяет оценить изменения некоторых природных процессов, примерно, за 80 лет. Проанализированы среднегодовые и среднемесячные значения температуры, суммы осадков, границы и продолжительность сезонов года, сроки заморозков и зимних оттепелей. Рассмотрена динамика явлений, связанных со снежным покровом и сроками ледостава на реке Усманка. В настоящее время установлены достоверные изменения климата Воронежского заповедника: годы стали теплее, возросли среднемесячные температуры января, марта и апреля, увеличилась сумма осадков в июне, изменились сроки ледостава и сократилась его продолжительность, увеличилась частота оттепелей в январе, уменьшилась продолжительность зимнего сезона, увеличилась продолжительность периодов со среднесуточной температурой воздуха выше 10°C и минимальной температурой воздуха выше 0°C, уменьшилась частота заморозков в октябре.

Ключевые слова: климат, долговременные изменения, фенологические наблюдения, сезоны года, снежный покров, сумма осадков, сроки ледостава.

LONG-TERM CHANGES IN SOME PHENOLOGICAL PARAMETERS OF THE CALENDAR YEAR IN VORONEZH BIOSPHERE RESERVE

I.I. Sapelnikova, I.V. Basilskaya

Voronezhsky Biosphere Reserve, 394080, Voronezh, Russia, <u>is@reserve.vrn.ru</u>

Summary. Voronezh Biosphere State Reserve has long-term phenological data. This makes it possible to estimate changes in some natural processes over roughly 80 years. Annual and monthly mean values of temperature, precipitation totals, time limits and duration of seasons within the calendar year, timing of frost and winter thaws are analyzed. Dynamics of phenomena associated with snow cover and timing of the freezing-up on the river Usmanka is considered. At present, the following

climate changes in the Voronezh reserve have been detected with confidence: years become warmer; monthly mean temperatures of January, March and April increase; June precipitation total increases; timing of the freezing-up has changed and duration of the period decreases; frequency of thaw in January increases; duration of winter decreases; duration of the periods with mean daily temperatures above 10° C and minimal air temperature above 0° C increase; frequency of frosts in October decreases.

Keywords: climate, long-term changes, phenological observations, seasons of year, snow cover, precipitation total, timing of freezing-up.

Введение

Воронежский государственный природный биосферный заповедник расположен на площади 31053 га в северной части Усманского бора в подзоне типичной лесостепи на границе Воронежской и Липецкой областей. Воронежский заповедник создан 3 декабря 1923 года (Стародубцева, 2012). Метеостанция заповедника начала свою работу в 1929 году (Базильская, Стародубцева, 2012) и с тех пор работает постоянно. В 1936-1937 гг. начались постоянные наблюдения за фенологией весеннего прилета птиц, сроками сезонного развития растений и животных. Первый Календарь природы Воронежского заповедника по наблюдениям за 1955-1964 гг. составлен И.В. Жарковым (Жарков, 1972).

Данные наблюдений метеостанции заповедника обобщены в трудах Воронежского заповедника в ряде справочных статей по климату (Булкина, Гоббе, 1964; Базильская, Булкина, 1979; Базильская, 1997, 2007). Нами изучалась цикличность в динамике многолетних рядов по температуре воздуха и осадкам, фенологии растений (Сапельникова, 2002а; Сапельникова, Базильская, 2002), зависимость изменений сезонных процессов у растений и птиц от многолетней динамики показателей гидротермического режима года (Венгеров, 2011; Венгеров и др., 2001, Сапельникова, 2002а, 2002б; Сапельникова, Базильская, 2007; Сапельникова и др., 2012)

В настоящей работе авторы обратились к многолетним фенологическим данным, связанным с сезонами года и отдельными характеристиками этих сезонов (сроки ледостава и снежного покрова, распределение осадков по сезонам, сроки регистрации последних и первых заморозков и др.). С учетом корректировки данных за 1932-1966 гг. приводим сведения по месячным и годовой суммам осадков. Также приводятся итоговые данные по динамике среднегодовой температуры воздуха.

Методы и материалы

Метеостанция Воронежского заповедника ведомственного значения, второго разряда, ее географические координаты: широта 51°50′, долгота 39°41′. Высота над уровнем моря 126 м, высота

нуля барометра 132 м. Четырехкратные ежедневные наблюдения ведутся над основными метеоэлементами. В 1943-1946 гг. и с 1948 г. по апрель 1951 г. на метеостанции проводились трехкратные ежедневные наблюдения. В средние температуры за эти годы введены поправки Вильда. Сроки наблюдений менялись: первоначально они проводились в 07, 13, 19, 21 час; впоследствии - в 01, 07, 13, 19 час; с января 1966 года и по настоящее время – синхронно со всеми станциями, входящими в систему метеослужбы, в 03, 09, 15, 21 час. Измерения осадков проводятся по мере их выпадения в два срока – 09 и 21 час. (Венгеров и др., 2001). В апреле 1953 года на метеостанции Воронежского заповедника используемый ранее дождемер был заменен на осадкомер. С 1 января 1966 года на всех метеостанциях бывшего СССР стали вводить поправку на смачивание. Во всех предыдущих работах по фенологическим данным заповедника не учитывались ошибки в измерениях, которые были привнесены в результате смены прибора и введения поправок на смачивание. Многолетние данные с 1932 по 1966 гг. получались некорректными, искажалась динамика для полного ряда наблюдений. В настоящей работе нами были внесены поправки в массив данных за эти годы согласно поправочным коэффициентам для метеостанции Графская, которая находилась в 5 км от метеостанции Воронежского заповедника (Справочник по климату СССР, 1968).

В январе 1933 г. на Центральной Усадьбе заповедника был создан Гидрологический пост 3-го разряда для выполнения систематических гидрологических наблюдений. Гидрологические наблюдения заповедник ведет в полном соответствии с программами, утвержденными Управлением Гидрометеослужбы. Сроки наблюдения – 08 и 20 часов ежедневно (Венгеров и др., 2001).

В настоящей работе используется массив фенологических и метеоданных с 1932 года. В 1941-1942 годах был небольшой перерыв по некоторым элементам метеонаблюдений.

Даты устойчивого перехода температур воздуха через определенный рубеж определялись по методу А.В.Федорова (Гулинова, 1974).

Для статистических расчетов и построения графических моделей применяли пакеты Statistica v.6.0. и Excel 2002. В качестве показателя тренда взят коэффициент детерминации R^2 – альтернативный показатель степени зависимости между двумя переменными, в нашем случае показывающий, какая часть варьирования изучаемого параметра зависит от фактора времени. Р – вероятность ошибки принятия гипотезы о незначимости показателя тренда R^2 . Показатели тренда, значимые на 95%-ном уровне и выше, в таблицах выделены жирным шрифтом. Курсивом выделены значения R^2 , если вероятность ошибки Р принимает значение от 0,06 до 0,1. В

этом случае соответствующее направленное изменение рассматриваем как тенденцию, которая может сохраниться и перейти в новое качество при усилении действующего фактора. Коэффициент детерминации не имеет положительного или отрицательного знака, поэтому используемые нами знаки «+» и «-» перед значением R² условно добавляют информацию о характере тренда: «+» – возрастающий, «-» – убывающий. Тренды рассчитаны для всего периода наблюдений (N) за указанным параметром. Все значения N приведены в таблицах.

Результаты

В ранних работах было показано, как менялась среднегодовая температура воздуха в Воронежском заповеднике: 5,2°С в 1932-1974 гг. (Базильская, Булкина, 1979), 5,5°С в 1975-1996 гг. (Базильская, 1997), 6,2°С в 1997-2006 гг. (Базильская, 2007). Для всего периода наблюдений присутствует достоверный возрастающий тренд (рис. 1).

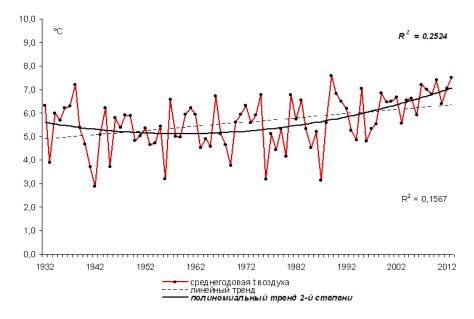


Рисунок 1 – Динамика среднегодовой температуры воздуха в Воронежском заповеднике.

Динамика годовой температуры, как суммарный показатель, зависит от многолетних изменений температурных характеристик всех месяцев года. Наибольший вклад в динамику годовой температуры воздуха в заповеднике вносят среднемесячные температуры января, февраля, марта и апреля (табл. 1), что также подтверждается наличием достоверной корреляционной связи г между годовой и среднемесячной температурами указанных месяцев (0,57, 0,54, 0,60 и 0,48 соответственно).

Таблица 1 – Статистика среднемесячных температур воздуха и осадков в Воронежском заповеднике

Параметр	N	Среднее значение	Стандартное отклонение	Минимальное значение (год)	Максимальное значение (год)	Тренд, R²	۵
средняя годовая t воздуха, °C	82	5,6	1,09	2,9 (1942)	7,6 (1989)	0,1567	0,0002
январь, t °C	82	-8,7	4,26	-18,1 (1942)	-1,0 (2007)	0,09	0,0005
февраль, t °C	82	-8,4	4,15	-20,1 (1956)	0,0 (1990)	0,029	0,1258
март, t °C	82	-3,0	2,9	-10,0 (1942)	3,3 (1990)	0,1544	0,0003
апрель, t °C	82	6,8	2,29	2,0 (1987)	12,4 (1975)	0,0947	0,0049
май, t °C	82	14,1	2	9,8 (1941)	18,2 (2013)	0,0204	0,2004
июнь, t °C	82	17,8	1,91	14,4 (2003)	21,7 (1948)	0	0,988
июль, t °C	82	19,5	1,77	16,1 (1976)	25,7 (2010)	0,0017	0,7165
август, t °C	82	17,9	1,58	15,0 (1980)	23,9 (2010)	-0,0001	0,9317
сентябрь, t °C	82	11,9	1,58	8,0 (1973)	15,6 (1938)	0,002	0,8879
октябрь, t °C	82	5,4	1,82	-0,1 (1976)	9,6 (1935)	0,0273	0,1378
ноябрь, t °C	82	-0,9	2,63	-9,1 (1993)	4,5 (2010)	0,0091	0,3935
декабрь, t °C	82	-5,9	3,19	-14,3 (1933)	0,5 (1960)	0,0259	0,1487
сумма осадков за год, мм	82	638	105	427 (1996)	891 (1980)	0,0009	0,7856
январь: сумма осадков, мм	82	50,8	23,9	9,5 (1972)	105,0 (1966)	0,0218	0,1852
февраль: сумма осадков, мм	82	42,5	21	0,5 (1984)	91,0 (1957)	-0,0006	0,8265
март: сумма осадков, мм	82	41,1	20,7	4,7 (2002)	88,3 (1940)	-0,0336	0,0991
апрель: сумма осадков, мм	82	41,5	25,6	2,4 (1937)	136,3 (1938)	-0,0425	0,063
май: сумма осадков, мм	82	51,4	31,4	4,0 (1946)	148 (1941)	-0,0182	0,2269

июнь: сумма	82	65,1	34	4,6 (1951)	168 (1988)	0,0554	0,0333	
осадков, мм июль: сумма	82	71,3	39,3	7,5	240,2	-0,0032	0,6149	
осадков, мм	02	11,3	38,3	(1959)	(1973)	0,0032	0,0143	
август: сумма	82	58,9	31,7	0,0	158,1	-0,0040	0,5714	
осадков, мм	02	00,0	01,1	(1996)	(1980)	0,0010	0,0711	
сентябрь:	82	53	41	0,6	185,9	0,0319	0,1086	
осадков, мм	02	3	71	(1949)	(1913)	0,0010	0,7000	
октябрь: сумма	82	53,6	31	0,0	159,9	0,0099	0,373	
осадков, мм	02	00,0	01	(1987)	(1952)	0,0000	0,013	
ноябрь: сумма	82	54	32	4,0	137,2	-0,0002	0,8932	
осадков, мм	02	5	52	(2000)	(1965)	0,0002	0,0002	
декабрь: сумма	82	54,8	31	8,8	135,7	0	0,9587	
осадков, мм	02	54,0	31	(1948)	(1947)	U	0,3301	

N – число лет наблюдений; R² – коэффициент детерминации; P – вероятность ошибки

Наиболее тесная связь среднегодовой температуры со среднемесячной температурой в марте (r = 0,60). Наименее тесная связь – со среднемесячной температурой в декабре (r = 0,26). За годы наблюдений среднемесячная температура воздуха по сравнению с 30-ми годами прошлого столетия изменилась следующим образом: в январе – на +4,3°C, в марте – на +3,8°C, в апреле – на +2,4°C. Среднегодовая температура воздуха возросла на 1,5°C.

С помощью введения поправок были скорректированы данные по месячным суммам осадков: статистика за год и по месяцам представлена в таблице 1. В динамике сумм годового количества осадков до введения поправок присутствовал достоверный тренд, после корректировки данных направленные изменения не подтвердились (рис. 2). Только в июне присутствует достоверный возрастающий тренд по месячной сумме осадков. Есть тенденции уменьшения месячной нормы осадков в марте, апреле и возрастания суммы осадков в сентябре (табл. 1). Достоверной связи между среднегодовой температурой воздуха и количеством осадков за год нет.

Стабильный характер формирования среднегодовой температуры воздуха обеспечивает стабильность наступления ежегодных сезонных процессов в природных комплексах региона. Если мы наблюдаем направленные процессы в динамике годовой и месячных температур, то подобную направленность будем регистрировать и в зависимых от них природных процессах, как абиотических, так и биотических. В первую очередь таких, как сроки наступления и продолжительность различного рода сезонов, границы которых связаны с температурными рубежами, а также с сезонными явлениями

в жизни животных и растений, для которых поток солнечной радиации и связанной с ним температуры является главным дирижером годового круга их жизни.

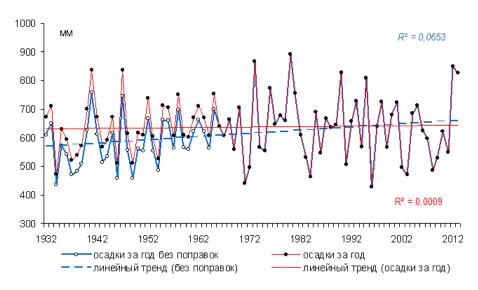


Рисунок 2 – Динамика суммы осадков за год в Воронежском заповеднике

Ранее нами была проанализирована многолетняя динамика 27 абиотических процессов, в том числе температурных переходов через рубежи, условно разделяющими границы фенологических сезонов и подсезонов года, рекомендуемые методическим пособием для особо охраняемых природных территорий (Филонов, Нухимовская, 1985). Достоверные направленные изменения были обнаружены в следующих случаях: переход среднесуточной температуры воздуха выше -5° C ($R^2 = 13.49$; p = 0.0009), переход максимальной температуры воздуха выше 0°С ($R^2 = 19.38$; p = 0.00006). среднесуточной температуры воздуха $(R^2 = 11,01; p = 0,0028)$ и переход среднесуточной температуры воздуха выше 8° C ($R^2 = 6.35$; p = 0.025). Все тренды убывающие, даты наступления температурных переходов сместились на более ранние сроки. Для многолетнего ряда перехода минимальной температуры воздуха ниже 5° C ($R^2 = 10,59$; p = 0,0034) присутствует возрастающий тренд, дата наступления сместилась на более поздние сроки (Сапельникова, Базильская, 2010). В настоящее время все выявленные ранее направленные изменения сохранились.

Исторически границы сезонов года в Воронежском заповеднике определялись по датам перехода среднесуточных температур воздуха через пороги 0°C и 15°C.

Самым продолжительным сезоном в заповеднике является зима (табл. 2).

Таблица 2 – Статистическая характеристика сезонов года в Воронежском заповеднике

Параметр	N	Среднее значение	Станд. отклонение, дни	Минимальное значение (год)	Максимальное значение (год)	Тренд, R²	P
зима, сут.	82	128	17,6	75 (2006-2007)	165 (1951-1952)	-0,0862	0,0074
весна, сут.	82	60,5	19,6	24 (1963)	114 (1990)	0,0316	0,1101
лето, сут.	82	102	16,5	63 (1976)	137 (1937)	-0,0001	0,9132
осень, сут.	82	75	14,3	38 (1994)	106 (1962, 1977)	0,0145	0,2811
сезон, сут., t > 10°C	83	152	12,7	126 (1941)	189 (2008)	0,074	0,0129
начало зимы, сут., t < 0°C	82	16,11	13,2	13.10 (1976)	18.12 (2006)	0,0163	0,2537
начало весны, сут., t > 0°C	82	25,03	10,9	18.02 (2002)	12.04 (1952)	-0,0934	0,0052
начало лета, сут., t > 15°C	82	24,05	13,5	28.04 (1934)	24.06 (1978)	0,001	0,918
начало осени, сут., t < 15°C	82	3,09	9,1	15.08 (1977)	28.09 (1937)	-0,0000	0,9949
сут. t > 10°C	83	28,04	9,7	3.04 (2008)	23.05 (1999)	-0,034	0,0946
сут. t < 10°C	83	26,09	8,2	10.09 (1993)	12.10 (2011)	0,041	0,0653

N — число лет наблюдений; R^2 — коэффициент детерминации; P — вероятность ошибки

Наиболее длительными были зимы в 40-70 годы (рис. 3). В настоящее время есть достоверная тенденция сокращения продолжительности зимнего сезона: современные зимы стали короче почти на 17 дней. Отмечается более раннее наступление весеннего сезона. Наблюдаемая тенденция в увеличении продолжительности весеннего сезона обусловлена особенностями ряда последних лет

(1990, 2002 и 2008 гг.), когда продолжительность весны составляла 108-114 дней – почти в два раза длиннее среднемноголетнего значения. Наиболее стабильным как по продолжительности, так и по изменению границ, продолжает оставаться летний сезон. Границы сезонов года определяются в результате математических расчетов по методу А.В. Федорова (Гулинова, 1974) и нередки случаи, когда условную «границу» между сезонами определяет разница между суммами положительных и отрицательных отклонений от порогового значения температуры всего в 1-1,5°С, что сравнимо с погрешностью наблюдений, случайными ошибками метеорологов и т. п. Тем не менее, температурные переходы и границы сезонов, ими определяемые, достаточно объективные вехи годового круга и могут использоваться как параметры в многолетних фенологических наблюдениях.

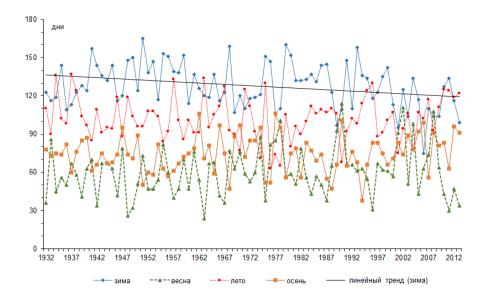


Рисунок 3 – Динамика сезонов года в Воронежском заповеднике.

Обеспеченность теплом дикорастущих мезотермных растений лучше характеризует период с устойчивой среднесуточной температурой выше +10°C (Шульц, 1981). Продолжительность периода с температурой выше 10°C увеличилась в последние годы почти на 12 дней. Начало этого периода в Воронежском заповеднике совпадает с появлением листьев у многих деревьев и кустарников, а окончание – совпадает с золотой осенью: полной осенней окраской большинства деревьев и кустарников. По всей видимости, наблюдаемые в последние два десятилетия такие процессы, как более позднее окончание сезона с температурой 10°C и задержка сроков полной осенней окраски листвы у древесно-кустарниковых видов – взаимосвязаны (Сапельникова, Базильская, 2007).

Для анализа распределения сумм осадков по сезонам были использованы только многолетние ряды с данными от 1 января 1966 г. – с того момента, когда методика сбора осадков больше не менялась. Поправки к количеству осадков в справочных таблицах приводятся только для месячных показателей (Справочник по климату СССР, 1968), границы же фенологических сезонов не совпадают с гражданским календарем, что не позволяет корректно использовать поправки для расчета суммы осадков до 1966 года. Анализ распределения осадков по сезонам года показал, что достоверных направленных изменений за последние полвека нет (табл. 3).

Таблица 3 – Распределение осадков и их интенсивность (ИО) по сезонам года с 1966 г.

Параметр	N	Среднее значение, мм	Станд. отклонение, мм	Минимальное значение, мм (год)	Максимальное значение, мм (год)	Тренд, R²	P
фенологическая зима	48	194,4	60,6	58 (1971)	360,8 (1980)	-0,0379	0,1847
фенологическая весна	48	95,6	45,4	26,1 (1984)	191,0 (1976)	-0,0043	0,6592
фенологическое лето	48	200,9	73,5	88,7 (2002)	397,3 (1973)	0,0273	0,2619
фенологическая осень	48	145,6	68,2	40,6 (1976)	384,8 (1990)	0,0074	0,5615
ИО, зима, мм/сут.	48	1,57	0,46	0,53 (1971)	2,80 (1965)	-0,0046	0,6469
ИО, весна, мм/сут.	48	1,51	0,59	0,59 (1973)	3,00 (1995)	-0,0027	0,7253
ИО, лето, мм/сут.	48	2,04	0,77	0,94 (2002)	4,32 (1973)	0	0,9784
ИО, осень, мм/сут.	48	1,89	0,72	0,71 (1983)	3,81 (1990)	0,0013	0,8072

N — число лет наблюдений; R^2 — коэффициент детерминации; P — вероятность ошибки

В таблице 3 представлена такая характеристика, как интенсивность осадков – количество, выпавшее за 1 сутки сезона (мм/сут.). На наш взгляд интенсивность осадков точнее передает особенности распределения осадков в годовом круге, так как зависит от продолжительности фенологического сезона, определенного температурными границами. Как видим, в Воронежском заповеднике наиболее интенсивное выпадение осадков происходит в летне-осенний период. Самым «сухим» является короткий весенний

сезон. Влагонакопительным является осенний сезон, когда интенсивность испарения значительно снижается, а интенсивность выпадения осадков остается наиболее высокой в году.

С осадками в зимний период связаны такие параметры экологического мониторинга, как максимальная высота снега за месяц, установление постоянного снежного покрова и сход снежного покрова. Статистические характеристики этих параметров приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Статистика некоторых снежных явлений в Воронежском заповеднике

Параметр	N	Среднее значение	Станд. отклонение, сутки	Минимальное значение (год)	Максимальное значение (год)	Тренд, R²	Р
установление снеж. покрова, дата	78	4,12	15,2	3.11 (1986)	3.01 (1952, 2012)	-0,0052	0,5295
полный сход снега, дата	78	4,04	9,9	3.03 (1993)	27.04 (1987)	-0,0160	0,2698
продолж. снеж. периода, дни	76	122	36,5	87 (1966)	155 (1993- 94)	-0,0030	0,6367
М	аксі	имальн	ая выс	ота снежно	го покрова,	СМ	
январь	82	34,6	16,9	4 (2001)	85 (1967)	-0,0041	0,5691
февраль	82	43,8	14,8	14 (1957, 1969)	98 (1967)	0,0056	0,5041
март	82	43,6	20,2	3 (1958)	86 (2006)	-0,0265	0,1441
апрель	82	16,4	19,7	0 (32% всех лет)	74 (1942)	-0,0834	0,0309
октябрь	81	1,8	3,7	0 (72% всех лет)	20 (1991)	-0,0248	0,4624
ноябрь	81	9,5	8,9	0 (12% всех лет)	44 (1998)	-0,0129	0,3453
декабрь	81	21,7	13,1	1 (2012)	88 (1966)	0,0046	0,5453
макс. высота снега за зиму	81	50,2	16,8	15 (1968-69)	98 (1966-67)	-0,0043	0,5616

N — число лет наблюдений; R^2 — коэффициент детерминации; P — вероятность ошибки

На рис. 4 хорошо видно, что разброс дат полного схода снега заметно меньше по сравнению с разбросом дат установления снежного покрова. Дата установления постоянного снежного покрова характеризуется значительной дисперсией, это связано с особенностями «многовариантного характера» наступления зимнего сезона в нашей местности. Продолжительность снежного периода в Воронежском заповеднике также очень изменчива и не связана с его начальной и конечной датами. Есть достоверная корреляционная зависимость средней силы (r = 0,48) между продолжительностью снежного периода и датой полного схода снега. В октябре снег может образовывать снежный покров достаточно значительной глубины (максимально до 20 см), но он никогда не идет в зиму. Вероятность установления постоянного снежного покрова в ноябре – 0,41. Снежными месяцами в зимнем сезоне являются декабрь, январь, февраль и март. Максимальная высота снежного покрова в заповеднике устанавливается в конце февраля – начале марта. Именно к этому времени всегда была приурочена снегомерная съемка на геоботаническом профиле, который проходит в широтном направлении через всю территорию заповедника. Тенденция снижения максимальной высоты снега в марте в последние годы подтверждается на практике, когда во время проведения снегомерной съемки наблюдается незначительная высота снежного покрова. Достоверное уменьшение высоты снега в апреле в настоящее время - свидетельство потепления марте апреле последние десятилетия.

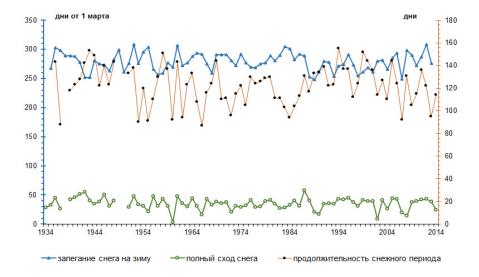


Рисунок 4 – Динамика сроков снежного покрова в Воронежском заповеднике.

Многолетний ряд максимальной высоты снега за зиму представляет выборку из суточных абсолютных максимумов высот снега за зимний период. Значительный разброс максимальной высоты снега по годам характерен для всего ряда наблюдений (рис. 5). Максимальная высота снега не коррелирует с продолжительностью зимнего сезона.

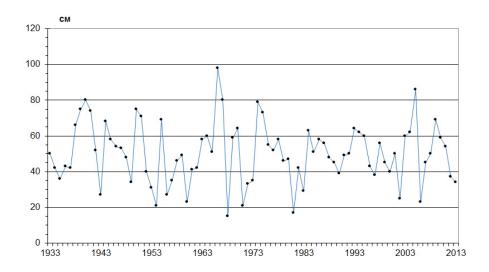


Рисунок 5 – Динамика максимальной высоты снега за зимний сезон в Воронежском заповеднике.

В Воронежском заповеднике в зимний период достаточно часто регистрируются оттепели. За одну оттепель принимались одни сутки со среднесуточной температурой воздуха выше 0°С.

Таблица 5 – Статистическая характеристика частоты оттепелей в зимний сезон по месяцам

Параметр	N	Среднее значение, сутки	Станд. отклонение, сутки	Минимальное значение, сутки (год)	Максимальное значение, сутки (год)	Тренд, R²	P
декабрь	81	4,8	4,3	0 (17% всех лет наблюдений)	19 (1960)	0,0057	0,5017
январь	81	3,6	3,81	0 (23% всех лет наблюдений)	15 (1989, 2007)	0,0421	0,0661
февраль	81	3,4	3,25	0 (31% всех лет наблюдений)	12 (1966)	0,0166	0,2523

N — число лет наблюдений; R^2 — коэффициент детерминации; P — вероятность ошибки

По многолетним данным вероятность оттепели для полных зимних месяцев такая: декабря — 0,82, января — 0,77, февраля — 0,69. Были составлены многолетние ряды суммарного количества оттепелей по месяцам (табл. 5).

Для января есть тенденция возрастания количества оттепелей для всего периода наблюдений. Это хорошо согласуется с наблюдаемым в настоящее время повышением температурных характеристик месяца. За все годы наблюдений всего 9 зимних сезонов были совсем без оттепелей (1941-42, 1944-45, 1963-64, 1966-67) или с оттепелями только в одном из зимних месяцев (1939-1940, 1953-1954, 1971-1972, 1995-1996, 2002-2003) (рис. 6).

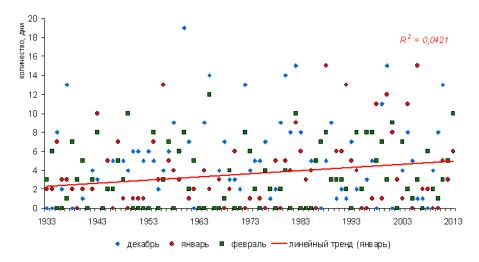


Рисунок 6 – Динамика частоты оттепелей по месяцам в Воронежском заповеднике.

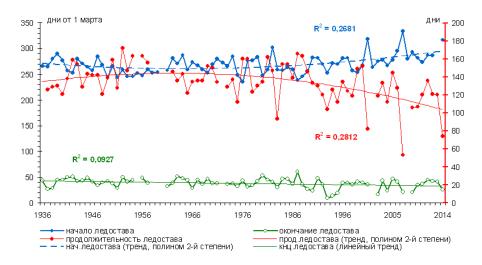


Рисунок 7 – Динамика ледовых явлений на р. Усманка в Воронежском заповеднике.

К зимним явлениям относятся все ледовые явления на реках и водоемах. Гидропост Воронежского заповедника установлен на р. Усманка в 1933 году. Для всего периода наблюдений есть достоверные направленные изменения сроков и продолжительности ледостава (табл. 6, рис. 7).

Таблица 6 – Статистические характеристики ледовых явлений на р. Усманка

Параметр	N	Среднее значение, дата	Станд. отклонение, сутки	Минимальное значение, дата (год)	Максимальное значение, дата (год)	Тренд, R²	P
начало ледостава	79	24,11	17,8	22.10 (1976)	27.01 (2007)	0,1388	0,0007
конец ледостава	74	7,04	9,7	9.03 (1993)	30.04 (1987)	-0,0930	0,0082
продолжит. ледостава (дни)	72	134	21,5	53 (2007)	172 (1951- 52)	-0,1734	0,0003

N — число лет наблюдений; R² — коэффициент детерминации; P — вероятность ошибки

Более ранние сроки полной очистка реки ото льда (в среднем эта дата наступает на 10 дней раньше) и сократившаяся продолжительность ледостава (в среднем на 31 день) хорошо согласуются с более раним началом весеннего сезона и сокращением продолжительности зимнего сезона в настоящее время.

Причины более позднего становления льда на реке Усманка (в среднем на 23 дня) пока сложно объяснить однозначно. Есть тенденция повышения среднемесячной температуры в декабре. Но, возможно, причина позднего ледостава не климатическая, а антропогенная, связанная в последние годы с повышением содержания в воде биогенных соединений из-за сброса в реку неочищенных бытовых и промышленных вод г. Усмань (Хлызова и др., 2012).

Пограничными между морозным и безморозным периодами являются сроки последних заморозков весной и первых заморозков осенью на почве и в воздухе. Количество заморозков по месяцам подсчитывалось с 10 апреля по конец октября. Выбранные рубежи совпадают с датами устойчивого перехода минимальной темпера-

туры воздуха через 0°C. На современном этапе есть тенденция смещения на более поздние сроки первых осенних заморозков в воздухе. Это согласуется с достоверным увеличением продолжительности периода с минимальной температурой воздуха выше 0°C в среднем на 15 дней (табл. 7).

Таблица 7 – Статистические характеристики сроков заморозков в Воронежском заповеднике

Параметр	N	Среднее значение, дата	Станд. отклонение, сутки	Минимальное значение, дата (год)	Максимальное значение, дата (год)	Тренд, R²	P		
переход мин. t>0°C	82	11,04	9,3	23.03 (1990)	30.04 (1974)	-0,0339	0,0977		
переход мин. t<0°C	82	27,1	13,6	18.09 (1949)	2.12 (1971)	0,0443	0,0577		
продолж. периода с мин. t>0°C (сутки)	82	199	17,3	152 (1949)	242 (2010)	0,0698	0,0165		
последний заморозок в воздухе	82	11,05	15,1	5.04 (2001)	19.06 (1950)	-0,0297	0,1216		
последний заморозок на почве	59	19,05	13,1	17.04 (1983)	12.06 (1982)	-0,0427	0,1165		
первый заморозок на почве	61	18,09	10,3	28.08 (1984)	11.10 (2012)	0,0372	0,1366		
первый заморозок в воздухе	81	22,09	9,8	28.08 (1984)	15.10 (1974)	0,0362	0,0888		
Количество суток с заморозками в период с минимальной температурой воздуха выше 0°С									
от 10 апреля	81	5,8	4,1	0 (7% от всех случаев)	15 (1945, 1974)	-0,0092	0,3955		
май	81	2,3	2,1	0 (22%)	11 (2000)	-0,0163	0,2558		
сентябрь	81	2,7	2,1	0 (12%)	10 (1943)	-0,0382	0,0802		
октябрь	81	12,1	4,6	2 (2012)	25 (1976)	-0,0816	0,0097		

N — число лет наблюдений; R^2 — коэффициент детерминации; P — вероятность ошибки

Достаточно редко последние заморозки регистрируются в первой декаде июня (17%) и последней декаде августа (5%). В июне заморозки в воздухе были отмечены в следующие годы: 1935, 1937, 1950, 1959, 1963, 1978. Регулярные наблюдения за температурой на почве в заповеднике начались с 60 годов. В июне заморозки на почве отмечены в 1968, 1979, 1982, 1985, 2003, 2004 и 2008 гг. Заморозки в августе отмечены в 1971, 1980, 1984 и 2002 годах. Динамика этих рядов не анализировалась, но из приведенных данных видно, что в последние 35 лет в июне не регистрировались заморозки в воздухе, только на почве. Изменилась частота заморозков в осенний период в октябре: с 11 до 7 дней за месяц. Этот факт хорошо согласуется с современным повышением минимальных температур в октябре ($\mathbb{R}^2 = 0.0446$; $\mathbb{p} = 0.0583$).

Заключение

Краткий обзор динамики некоторых климатических параметров года в Воронежском заповеднике свидетельствует о том, что на современном этапе присутствуют достоверные изменения в гидротермических характеристиках года и, связанных с ними, сезонных явлениях. В целом годы стали теплее. Возросли месячные температуры января, марта и апреля, увеличилась сумма осадков в июне, изменились сроки и сократилась продолжительность ледостава, увеличилась частота оттепелей в январе, уменьшилась продолжительность зимнего сезона, увеличилась продолжительность периодов со среднесуточной температурой воздуха выше 10°С и минимальной температурой воздуха выше 0°С, уменьшилась частота заморозков в октябре.

Список литературы

Базильская И.В. 1997. Закономерности и отклонения в годовом цикле климатического режима Воронежского биосферного заповедника (по данным 1975-1996 гг.). В кн.: Развитие природных комплексов Усмань-Воронежских лесов на заповедной и антропогенной территориях: труды Воронежского биосферного гос. заповедника. Вып. 23. Воронеж: Биомик. с. 5-13.

Базильская И.В. 2007. Закономерности и отклонения в годовом цикле климатического режима Воронежского биосферного заповедника (по данным 1997-2006 гг.). В кн.: Труды Воронеж. биосферного гос. заповедника. Вып. 24. Воронеж: ВГПУ. с. 6-21.

Базильская И.В., Булкина А.П. 1979. Закономерности и отклонения в годовом цикле климатического режима Воро-

нежского заповедника (по данным 1932-1974 гг.). В кн.: Труды Воронеж. гос. заповедника. Вып. 22: Вопросы метеорологии и фенологии. Воронеж: Центрально-Черноземное книжное изд-во. с. 3-23.

Базильская И.В., Стародубцева Е.А. 2012. Метеорологическая служба Воронежского заповедника. В кн.: Труды Воронеж. гос. заповедника. Вып. 26. Воронеж: БиомикАктив. с. 165-169.

Булкина А.П., Гоббе Л.А. 1964. Характеристика метеорологических условий в Усманском бору. В кн.: Колебания условий среды и влияние их на лес: труды Воронеж. гос. заповедника. Вып. 14. Воронеж: Центрально-Черноземное гос. книжное изд-во. с. 4-15.

Венгеров П.Д. 2011. Влияние изменений климата на сроки прилета и размножения певчего дрозда (Turdus philomelos) и зяблика (Fringilla coelebs) в Воронежском заповеднике. Успехи современной биологии. Т. 131., № 4, с. 416-424.

Венгеров П.Д., Сапельникова И.И., Базильская И.В., Масалыкин А.И. 2001. Климатические изменения и вызываемые ими прямые и косвенные эффекты в Воронежском заповеднике. В кн.: Влияние изменений климата на экосистемы. Охраняемые природные территории России: анализ многолетних наблюдений. – М.: WWF., с. 39-47.

Гулинова Н.В. 1974. Методы агроклиматической обработки наблюдений – Л.: Гидрометеоиздат. 151 с.

Жарков И.В. 1972. Воронежский государственный заповедник (Научно-популярный очерк). Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство. 64 с.

Сапельникова И.И. 2002а. Некоторые результаты анализа динамики многолетних рядов ВГЗ. В кн.: История и развитие идей П.П.Семенова-Тян-Шанского в современной науке и практике школьного образования: матер. Всероссийской науч.-практ. конф. Т. 2., Липецк, с. 183-184.

Сапельникова И.И. 2002. Связь гидротермических и фенологических событий в ВГЗ. В кн.: История и развитие идей П.П. Семенова-Тян-Шанского в современной науке и практике школьного образования: матер. Всероссийской науч.практ. конф.). Т. 2. Липецк, с. 184-186.

Сапельникова И.И., Базильская И.В. 2002. Оценка корреляционных связей и цикличности для метеорологических показателей Воронежского заповедника. В кн.: Роль особо охраняемых природных территорий Центрального Чернозе-

мья в сохранении и изучении биоразнообразия лесостепи: матер. науч.-практич. конф., посвящ. 75-летию Воронеж. гос. природ. биосф. заповедника. Воронеж: Биомик., с. 217-230.

Сапельникова И.И., Базильская И.В. 2007. Дополнения к анализу климатических и фенологических изменений в Воронежском заповеднике. В кн.: Труды Воронежского государственного заповедника. Вып. 24. Воронеж: ВГПУ, с. 21-34.

Сапельникова И.И., Базильская И.В. 2010. Температурные рубежи в многолетней динамике метеорологических наблюдений Воронежского госзаповедника. В кн.: Проблемы мониторинга природных процессов на особо охраняемых природных территориях: матер. международн. научн-практич. конф., посвящ. 75-летию Хопёрского гос. природного заповедника (пос. Варварино, Воронежская область, 20-23 сентября 2010 г.), Воронеж: ВГПУ, с. 263-266.

Сапельникова И.И., Базильская И.В., Грибкова А.С. 2012. Некоторые факты потепления весенних сезонов в Воронежском заповеднике. В кн.: Труды Воронеж. гос. заповедника. Вып. 26. Воронеж: БиомикАктив, с. 7-15.

Справочник по климату СССР. 1968. Вып. 28: Тамбовская, Брянская, Липецкая, Орловская, Курская, Воронежская и Белгородская области. Ч. 4: Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеоиздат, 253 с.

Стародубцева Е.А. 2012. Предисловие редактора. В кн.: Труды Воронеж. гос. заповедника. Вып. 26. Воронеж: БиомикАктив, с. 3-6.

Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д. 1985. Летопись природы в заповедниках СССР. – М.: Наука, 160 с.

Хлызова Н.Ю., Клявин А.А., Вепринцев В.Н. 2012. О состоянии реки Усмань: гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режимы (2008-2012 гг.). В кн.: Труды Воронеж. гос. заповедника. Вып. 26. Воронеж: БиомикАктив, с. 42-50.

Шульц Г.Э. 1981. Общая фенология. – Л.: Наука, 188 с.