

УДК 634.4

DOI: 10.36305/2019-1-150-23-30

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА АТМОСФЕРНОГО И ПОЧВЕННОГО КЛИМАТА ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ РОССИИ

Олег Владимирович Решоткин

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН  
142290, Московская область, г. Пущино, ул. Институтская, 2  
E-mail: reshotkin@rambler.ru

*Цель.* Выявить закономерности временных изменений параметров атмосферного и почвенного климатов влажных субтропиков. *Методы.* Динамика температуры воздуха, почвы и осадков проанализирована в многолетнем и сезонном циклах относительно климатической нормы, которая рассматривается как количественная характеристика условий почвообразования и изменчивости климата во времени. *Результаты.* Проведен анализ данных по температуре воздуха, осадкам и температуре почв – желтоземов, формирующихся в условиях субтропической влажно-лесной почвенно-биоклиматической области. Показано, что среднегодовая температура воздуха в 2001 – 2018 гг. превысила климатическую норму на 0,7°C, годовое количество осадков увеличилось на 104 мм. Современное потепление ведёт к изменению температурного режима желтоземов. Среднегодовая температура почвы в начале XXI века увеличилась от 0,5°C на глубине 320 см до 0,9°C на глубине 20 см. Сумма активных температур почвы выше 10°C на глубине 20 см увеличилась на 283°C. *Выводы.* В современный период в зоне распространения желтоземов влажных субтропиков России наблюдается изменение атмосферного и почвенного климата в сторону потепления, сопровождающееся увеличением осадков. Потепление наиболее выражено в летний сезон и практически не наблюдается в зимний сезон. Оно характеризуется увеличением температуры воздуха и почвы по всему ее профилю, увеличением суммы активных температур. Выявленные изменения климата позволяют по-новому оценить почвенные и агроклиматические ресурсы российских субтропиков для сельского и лесного хозяйства.

**Ключевые слова:** климат почв; климатическая норма; температура почв; потепление почв; желтоземы

### Введение

Наблюдаемое в настоящее время изменение климата характеризуется как глобальное потепление. Современное изменение климата отмечается как на глобальном, так и на региональном уровне. На территории России потепление климата происходит существенно интенсивнее, чем в среднем на Земном шаре (Второй оценочный ..., 2014). Изменение климата стало оказывать серьезное влияние на состояние сельского и лесного хозяйства.

Природные условия влажных субтропиков очень благоприятны для многих сельскохозяйственных культур. На субтропических почвах выращивают чайный куст, эфиромасличные культуры, цитрусовые и другие субтропические плодовые культуры. По своему географическому положению российские субтропики являются самыми северными. Они находятся на границе субтропического и умеренного поясов. Температурный фактор имеет для них определяющее значение (Рындин, 2009). Выращивание в данной зоне субтропических культур требует проведения дополнительных специфических агротехнических мероприятий.

В этой связи важное значение приобретает исследование многолетней изменчивости атмосферного и почвенного климата. Одним из важных параметров климата почв является температура почв. Увеличение температуры почвы вместе с общим изменением климата может привести к изменению некоторых почвенных свойств и процессов, что оказывает влияние на эволюцию почв (Худяков, Решоткин, 2017).

Целью данной работы является выявление закономерностей временных изменений параметров атмосферного и почвенного климатов влажных субтропиков.

### Объекты и методы исследования

Для изучения динамики атмосферного и почвенного климатов влажных субтропиков нами использованы данные наблюдений на метеостанции Сочи (широта: 43.58°; долгота: 39.77°; высота 34 м н.у.м.), расположенной на Черноморском побережье Кавказа в черте одноименного города. Метеорологические наблюдения в городе Сочи организованы в 1870 г. С созданием Сочинской сельскохозяйственной и садовой опытной станции на ее территории в 1896 г. была организована метеорологическая станция, на которой помимо метеорологических наблюдений, исследовалось также влияние метеорологических факторов на произрастание и урожайность плодовых деревьев и ягодных кустарников.

Рельеф окружающей местности представляет собой зону третичных предгорий с высокими морскими террасами и имеет вид крупных холмов, являющихся отрогами гор Западного Кавказа. Холмы имеют мягкие сглаженные формы. Вся видимая часть суши занята лиственным, преимущественно дубовым лесом колхидского типа с примесью искусственных насаждений сосны, туи, различных пальм и других фруктовых и декоративных пород субтропического типа. Грунтовые воды залегают на глубине 6 – 18 м (Климатологический ..., 1965).

Почвы в районе Сочи представлены желтоземами, которые являются зональным типом почв для влажных субтропиков. В России желтоземы являются крайне редкими почвами. Они занимают узкую полосу побережья Черного моря в районе Сочи. Территория исследования находится в пределах Западно-Закавказской провинции субтропической влажно-лесной почвенно-биоклиматической области с влажным субтропическим климатом (Почвенно-экологическая ..., 2013). Исследуемая почва – желтозем тяжелосуглинистый.

Исходную информацию об осадках, температуре воздуха и почвы брали из источников (Метеорологический ежегодник ..., 1958 – 1979; Метеорологический ежемесячник ..., 1961 – 1990; <http://www.meteo.ru>). В работе использованы данные наблюдений за температурой почвы по вытяжным термометрам на стандартных глубинах 20, 40, 80, 120, 160, 240 и 320 см на участке с ненарушенной структурой почвы и сохранением естественного растительного покрова за период 1951 – 2013 гг. Кроме того, использованы данные измерения температуры почвы на глубинах 5, 10, 15 и 20 см по коленчатым термометрам Савинова под оголенной поверхностью.

Динамика температуры воздуха, почвы и осадков в многолетнем и сезонном циклах проанализирована относительно климатической нормы (КН) – средней величины параметров климата за период 1961 – 1990 гг. Климатическая норма рассматривается как количественная характеристика условий почвообразования и изменчивости климата во времени.

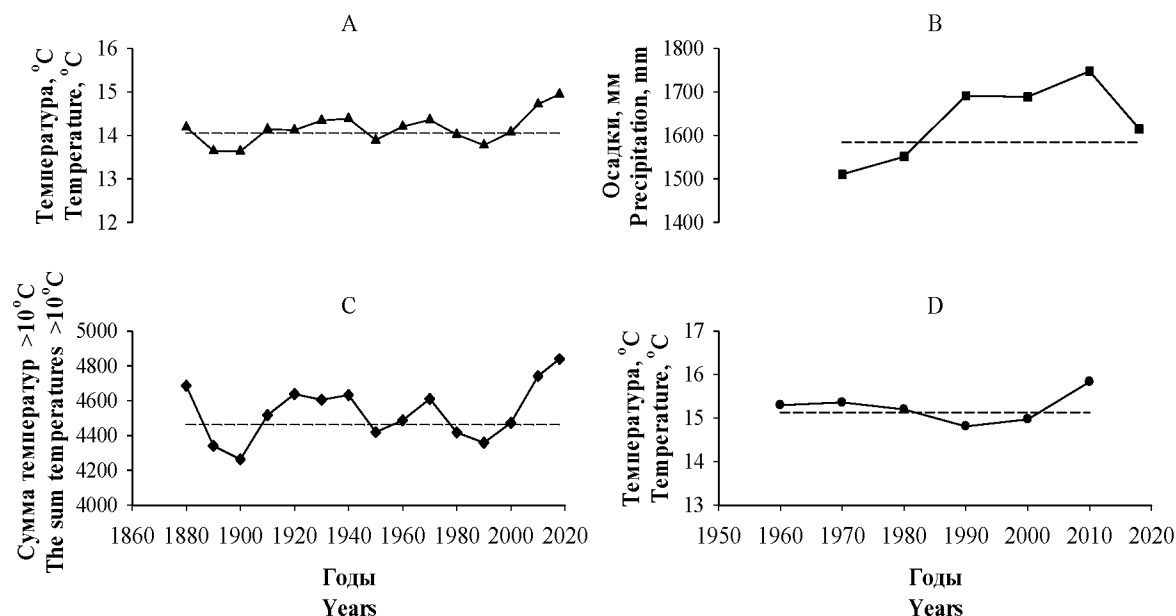
### Результаты и обсуждение

#### *Температура воздуха и осадки*

Среднегодовая температура воздуха, рассчитанная за период 1961 – 1990 гг. (КН) для метеостанции Сочи составляет 14,1°C. За весь период метеорологических наблюдений 1870 – 2018 гг. среднегодовая температура воздуха составляет 14,2°C и варьирует от 12,6 до 16,5°C. В течение семнадцати из двадцати последних лет среднегодовая температура была выше КН и только в один год она была ниже КН. Самыми теплыми за полуторавековой период инструментальных метеорологических наблюдений стали 2010 и 2018 годы со среднегодовой температурой 16,5 и 16,1°C.

В распределении среднedesятилетней среднегодовой температуры воздуха отмечаются периоды похолодания 1881 – 1900, 1941 – 1950 и 1971 – 1990 гг. и периоды потепления 1921 – 1940, 1951 – 1970 гг. (рис. 1). Начиная с 1990-х гг. наблюдается

современное потепление, которое продолжается до настоящего времени и превзошло предыдущие. В 2001 – 2010 и 2011 – 2018 гг. среднедесятилетняя среднегодовая температура воздуха достигла значений 14,7 и 14,9°C, что выше КН на 0,6 и 0,8°C соответственно.



**Рис. 1** Динамика температуры воздуха (А), осадков (В), суммы активных температур воздуха (С) и температуры почвы на глубине 40 см (D)

Примечание: прямой пунктирной линией показана климатическая норма

**Fig. 1** Dynamics of air temperature (A), precipitation (B), the sum of active air temperatures (C) and soil temperature at a depth of 40 cm (D)

Note: the straight dashed line shows the climatic normal

Линейный тренд повышения среднегодовой температуры воздуха составил за весь 149-летний период наблюдений 0,004°C/год, за последние 50 лет – 0,027°C/год, а за последние 30 лет – 0,057°C/год. Таким образом, за последние 149 лет среднегодовая температура воздуха выросла на 0,66°C, за последние 50 лет – на 1,35°C, а за последние 30 лет – на 1,71°C.

Средняя месячная температура воздуха в течение всего года положительная. Холодный период (с отрицательной среднесуточной температурой) продолжается всего несколько дней в году. Тем не менее минимальная температура воздуха в отдельные годы может опускаться ниже -10°C. Абсолютный минимум температуры воздуха в Сочи -13,4°C, а абсолютный максимум 39,4°C. Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха составляет -5,0°C (КН). За последние 120 лет он повысился на 1,8°C, а за последние 30 лет – на 1,5°C, что свидетельствует об уменьшении морозопасности. Средний из абсолютных максимумов температуры воздуха составляет 33,1°C. За последние 120 лет он повысился менее значительно (на 1,3°C), а за последние 30 лет, наоборот, более значительно (на 1,7°C), чем средний из абсолютных минимумов.

В начале XXI века температура воздуха превысила КН во все сезоны года. При этом в разные сезоны года температура увеличилась неодинаково. Наибольшее повышение температуры воздуха наблюдается в летний сезон. В 2001 – 2010 гг. температуры воздуха была выше КН на 1,2°C, а в 2011 – 2018 гг. на 1,6°C. Наименьшее повышение температуры воздуха, на 0,3°C за оба периода, наблюдается в зимний сезон.

В результате роста летних температур годовая амплитуда температуры воздуха в 2001 – 2018 гг. превысила КН ( $18,1^{\circ}\text{C}$ ) на  $1,3^{\circ}\text{C}$ .

Важными показателями температурного режима территории в холодный и теплый периоды года являются суммы температур ниже и выше  $0^{\circ}\text{C}$  и суммы активных температур выше  $10^{\circ}\text{C}$ , характеризующие ресурсы холода и тепла. За период 2001 – 2018 гг. сумма отрицательных температур воздуха составила  $-4^{\circ}\text{C}$ , что меньше КН ( $-5^{\circ}\text{C}$ ) на  $1^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность периода с отрицательными температурами не изменилась и составила 3 дня. Сумма положительных температур воздуха в 2001-2018 гг. ( $5442^{\circ}\text{C}$ ) превысила КН ( $5150^{\circ}\text{C}$ ) на  $292^{\circ}\text{C}$ .

Сумма активных температур воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  в 2001 – 2018 гг. ( $4788^{\circ}\text{C}$ ) превысила КН ( $4462^{\circ}\text{C}$ ) на  $326^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность периода с температурой воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  увеличилась на 7 дней с 252 до 259 дней. В динамике среднedesятилетних сумм активных температур воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  отмечаются схожие тенденции со среднегодовой температурой воздуха (рис. 1). Увеличение сумм положительных и активных температур свидетельствует об увеличении в начале XXI века ресурсов тепла.

Данные по осадкам проанализированы с 1959 г., когда наблюдения велись по осадкомеру и, следовательно, были однородными. Годовое количество осадков варьирует от 1016 до 2252 мм при климатической норме 1584 мм. В распределении среднегодовых осадков отмечается тенденция постепенного увеличения среднedesятилетних осадков, начиная с наименее влажных 1961 – 1970 гг. до наиболее влажных 2001 – 2010 гг. В 2011 – 2018 гг. годовое количество осадков уменьшилось, но осталось выше КН (рис. 1).

Линейный тренд повышения годового количества осадков за период 1959 – 2018 гг. составил 2.697 мм/год. За 60-летний период наблюдений годовое количество осадков увеличилось на 162 мм. Увеличение осадков происходило неодинаково в разные сезоны года. Более всего, на 116 мм увеличились осенние осадки. Весенние и летние осадки увеличились на 52 и 19 мм соответственно. Зимние осадки, напротив, уменьшились на 25 мм.

Изменение климата сказывается на внутригодовом режиме осадков. Анализ изменения месячных осадков в начале XXI века показывает, что тенденции изменения месячных осадков различаются как в отдельные месяцы года, так и между периодами 2001 – 2010 и 2011 – 2018 гг. В марте, мае – июле и сентябре – октябре месячное количество осадков превышало КН. В феврале, апреле и ноябре в 2001 – 2010 гг. месячные суммы осадков были выше КН, а в 2011 – 2018 гг. уменьшились до значений ниже КН. В декабре, январе и августе месячные суммы осадков были ниже КН.

Обращает на себя внимание резкое снижение относительно КН количества осадков в августе на 18 мм в 2001 – 2010 гг. и на 60 мм в 2011 – 2018 гг., сопровождающееся значительным повышением температуры воздуха на  $2,0$  и  $2,1^{\circ}\text{C}$  соответственно. Такое изменение климата оказывает неблагоприятное влияние на садовые и лесные культуры. Отмечается, например, начало усыхания пихтовых лесов как на южном, так и на северном макросклонах Большого Кавказа (Бебия, 2015).

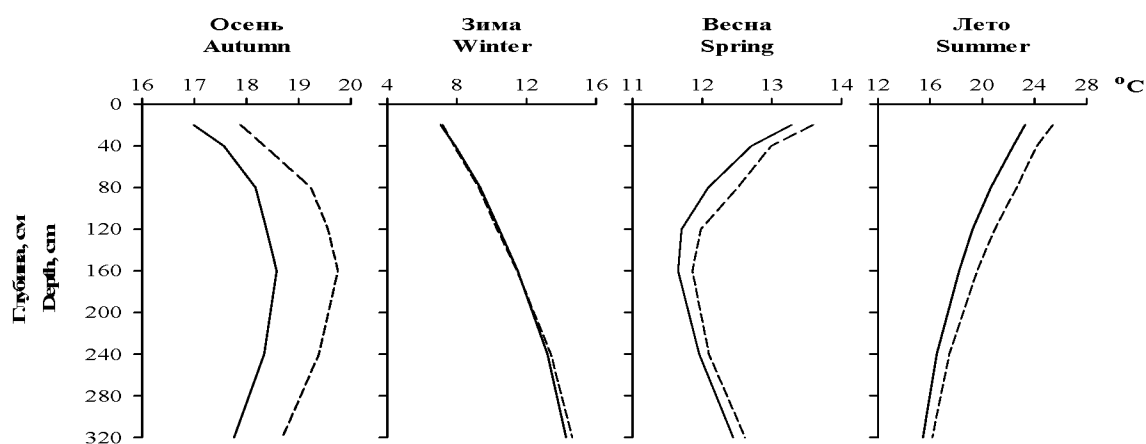
Гидротермический коэффициент *Селянинова* (ГТК) рассчитанный за период 1961-1990 гг. (КН) составляет 2,0, что позволяет отнести Сочи к зоне избыточного увлажнения. В последние десятилетия наблюдается тенденция снижения ГТК, что свидетельствует о некотором уменьшении влагообеспеченности исследуемой территории. За последние 50 лет ГТК снизился на 0,1, а за последние 30 лет – на 0,7.

#### *Температура почвы*

Среднегодовая температура почвы (КН) составляет  $15,1^{\circ}\text{C}$  на глубинах 20, 40 и 80 см,  $14,9^{\circ}\text{C}$  на 120 см и  $15,0^{\circ}\text{C}$  на 160, 240 и 320 см. За период 2001 – 2010 гг.

среднегодовая температура почвы увеличилась относительно климатической нормы на всех глубинах. На глубине 20 см она увеличилась на  $0,9^{\circ}\text{C}$ , на 80 и 120 см на  $0,8^{\circ}\text{C}$ , на 40 и 160 см на  $0,7^{\circ}\text{C}$ , на 240 см на  $0,6^{\circ}\text{C}$ , а на 320 см на  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Потепление почвы наблюдается по всему ее профилю, но более выражено в верхних горизонтах. Начиная с 1990-х гг. среднедесятилетняя среднегодовая температура почвы увеличивалась синхронно температуре воздуха (рис. 1).

В разные сезоны года температура почвы за период 2001 – 2010 гг. относительно КН изменилась неодинаково (рис. 2). Наиболее заметное потепление наблюдается в летний и осенний сезоны. В летний сезон в верхней части профиля почвы наблюдается более значительный рост температуры, чем в нижней части. С глубиной тепловая волна постепенно затухает. Температура почвы на глубинах 20 – 120 см увеличилась на  $1,8 - 2,1^{\circ}\text{C}$ , на глубинах 160 – 240 см на  $1,0 - 1,4^{\circ}\text{C}$ , а на глубине 320 см на  $0,7^{\circ}\text{C}$ . В осенний сезон температура почвы увеличилась более равномерно по профилю на  $0,8 - 1,2^{\circ}\text{C}$ .



**Рис. 2 Распределение температур по профилю почвы в сезонных климатических стадиях**

Примечание: прямая линия – климатическая норма температуры (1961-1990 гг.), пунктирная линия – средняя температура за 2001-2010 гг.

**Fig. 2 Temperature distribution by soil profile in seasonal climatic stages**

Note: the straight line is the climatic normal of temperature (1961-1990), the dash line is the average temperature for 2001-2010

В весенний сезон повышение температуры почвы менее значительное. Температура выросла на всех глубинах всего на  $0,2 - 0,4^{\circ}\text{C}$ . В зимний сезон температура почвы практически не изменилась. Небольшое повышение на  $0,2 - 0,3^{\circ}\text{C}$  отмечается только на больших глубинах 240 и 320 см.

Температура почвы изменяется неодинаково не только в разные сезоны, но и в разные месяцы года (табл. 1). За период 2001 – 2010 гг. незначительное понижение температуры относительно КН наблюдается в декабре на глубинах 20 – 120 см, в январе на глубинах 80 – 160 см и в апреле на глубинах 20 и 40 см. В остальные месяцы наблюдается повышение температуры. Наиболее существенное на  $1,0$  и более градусов увеличение температуры почвы на глубинах 20 – 120 см отмечается с июня по октябрь, на 160 и 240 см с июля по октябрь, а на 320 см в августе и сентябре. Более всего температура почвы увеличилась в самый теплый месяц года – август.

Исследуемые почвы влажных субтропиков отличаются отсутствием сезонного промерзания. Среднемесячная температура почвы во все месяцы года по всему почвенному профилю положительная и превышает  $5^{\circ}\text{C}$  (рис. 3). По дополнительным данным наблюдений на глубинах 5, 10, 15 и 20 см по коленчатым термометрам Савинова за период 2006 – 2012 гг. среднесуточная температура почвы ниже  $0^{\circ}\text{C}$  была

зафиксирована лишь однажды на глубине 5 см 28 декабря 2006 г. и составила  $-0.1^{\circ}\text{C}$ . Таким образом в зимний сезон исследуемая почва не промерзает даже на малых глубинах.

Таблица 1

**Изменение среднемесячной температуры почвы за 2001-2010 гг. относительно климатической нормы (КН),  $^{\circ}\text{C}$**

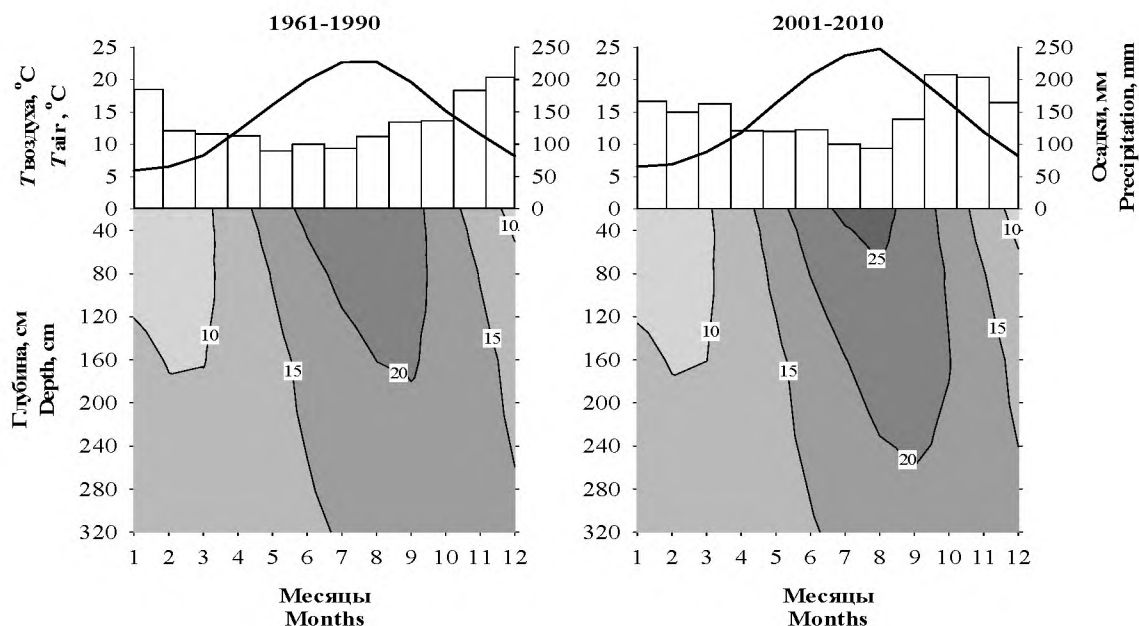
Table 1

**The change in average monthly soil temperature for 2001-2010 relative to climatic normal (CN),  $^{\circ}\text{C}$**

Глубина, см Depth, cm	Период Period	Месяцы Months											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20	КН / CN	6,2	6,5	8,9	13,3	17,7	21,4	24,1	24,4	21,7	17,0	12,3	8,5
	2001-2010	6,4	6,9	9,4	13,1	18,3	23,3	26,0	26,9	22,7	18,3	12,6	8,2
	Изменение / Change	0,2	0,4	0,5	-0,2	0,6	1,9	1,9	2,5	1,0	1,3	0,3	-0,3
40	КН / CN	7,1	7,0	8,8	12,6	16,7	20,3	23,0	23,8	21,7	17,7	13,3	9,5
	2001-2010	7,1	7,2	9,3	12,5	17,2	21,8	24,7	26,0	22,8	18,7	13,5	9,2
	Изменение / Change	0,0	0,2	0,5	-0,1	0,5	1,5	1,7	2,2	1,1	1,0	0,2	-0,3
80	КН / CN	8,8	8,0	9,1	11,9	15,3	18,5	21,1	22,3	21,4	18,4	14,7	11,3
	2001-2010	8,5	8,1	9,4	12,1	16,0	20,1	23,1	24,7	22,9	19,6	15,2	11,1
	Изменение / Change	-0,3	0,1	0,3	0,2	0,7	1,6	2,0	2,4	1,5	1,2	0,5	-0,2
120	КН / CN	10,0	8,8	9,3	11,6	14,2	17,2	19,5	21,0	20,8	18,7	15,7	12,4
	2001-2010	9,7	8,8	9,5	11,6	14,8	18,4	21,3	23,1	22,5	19,9	16,3	12,3
	Изменение / Change	-0,3	0,0	0,2	0,0	0,6	1,2	1,8	2,1	1,7	1,2	0,6	-0,1
160	КН / CN	11,2	9,8	9,9	11,4	13,6	16,2	18,4	20,0	20,3	18,9	16,5	13,5
	2001-2010	11,1	9,7	10,0	11,6	14,0	17,1	19,9	21,8	21,9	20,1	17,2	13,6
	Изменение / Change	-0,1	-0,1	0,1	0,2	0,4	0,9	1,5	1,8	1,6	1,2	0,7	0,1
240	КН / CN	13,0	11,5	11,1	11,7	13,0	14,8	16,5	18,2	19,0	18,7	17,2	15,1
	2001-2010	13,2	11,6	11,1	11,8	13,3	15,4	17,6	19,4	20,4	19,7	18,1	15,3
	Изменение / Change	0,2	0,1	0,0	0,1	0,3	0,6	1,1	1,2	1,4	1,0	0,9	0,2
320	КН / CN	14,2	12,7	12,2	12,2	12,9	14,1	15,4	16,8	17,8	18,1	17,4	15,9
	2001-2010	14,5	13,0	12,3	12,4	13,2	14,5	16,2	17,8	18,8	19,0	18,2	16,4
	Изменение / Change	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,8	1,0	1,0	0,9	0,8	0,5

Годовой ход температуры почвы на глубине 20 см характеризуется максимумом в августе и минимумом в январе. Время наступления максимальных и минимальных значений средней месячной температуры с увеличением глубины запаздывает на 2 – 3 месяца. На глубинах 40 – 120 см максимум средней месячной температуры приходится на август, на 160 и 240 см на сентябрь, а на 320 см на октябрь. Минимум средней месячной температуры приходится на глубинах 40 – 160 см на февраль, а на 240 и 320 см на март.

Годовая амплитуда температуры почвы на глубине 20 см  $18,2^{\circ}\text{C}$ . С увеличением глубины амплитуда колебаний температуры постепенно затухает. На глубине 40 см она уменьшается до  $16,8^{\circ}\text{C}$ , на 80 см до  $14,3^{\circ}\text{C}$ , на 160 см до  $10,5^{\circ}\text{C}$ , а на 320 см до  $5,9^{\circ}\text{C}$ .



**Рис. 3 Температура воздуха, осадки и температура почвы (средняя за период 2001–2010 гг.) относительно климатической нормы (1961–1990 гг.)**

**Fig. 3 Air temperature, precipitation and soil temperature (average for the period 2001–2010) relative to the climatic normal (1961–1990)**

В исследуемых почвах преобладает процесс накопления тепла. За период 2001 – 2010 гг. сумма положительных температур на глубине 20 см составила 5862°C, что выше КН (5593°C) на 269°C. На глубине 40 см сумма положительных температур увеличилась на 255°C, на 80 см на 303°C, на 160 см на 251°C, а на 320 см на 207°C.

Продолжительность периода с температурой почвы выше 10°C изменяется от 8,4 месяцев на глубине 20 см до 12,0 месяцев на глубине 320 см. Сумма активных температур почвы выше 10°C на глубине 20 см в 2001 – 2010 гг. (5065°C) превысила КН (4782°C) на 283°C. На глубине 40 см сумма активных температур увеличилась на 277°C, на 80 см на 290°C, на 160 см на 231°C, а на 320 см на 207°C.

### Выводы

В современный период в зоне распространения желтоземов влажных субтропиков России наблюдается изменение атмосферного и почвенного климата в сторону потепления, сопровождающееся увеличением годового количества осадков и снижением влагообеспеченности вегетационного периода. Потепление наиболее выражено в летний сезон и практически не наблюдается в зимний сезон. Оно характеризуется увеличением температуры воздуха и почвы по всему ее профилю, увеличением суммы активных температур. Выявленные изменения климата необходимо учитывать при разработке агротехнических мероприятий по выращиванию субтропических культур.

*Работа выполнена по теме Государственного задания № 0191-2019-0046.*

### Литература / References

Бебия С.М. Лесные ресурсы Черноморского побережья Кавказа: проблемы и перспективы их рационального использования // Сибирский лесной журнал. 2015. № 1. С. 9 – 24.

[Bebia S.M. Forest resources of the Caucasian Black Sea coast: problems and prospects of rational use. Siberian Journal of Forest Science. 2015. 1: 9–24]



Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М: Росгидромет, 2014. 1009 с.  
[Second Roshydromet assessment report on climate change and its consequences in the Russian Federation. Moscow: Roshydromet, 2014. 1009 p.]

Интернет ресурс <http://www.meteo.ru> (дата обращения 22.03.2019).  
[Internet recourse. Available at: <http://www.meteo.ru> (accessed 22.03.2019)]

Климатологический справочник СССР. История и физико-географическое описание метеорологических станций и постов. Вып. 13. Ростов-на-Дону, 1965. 315 с.  
[Climatological reference book of the USSR. History and physiographic description of meteorological stations and posts. Iss. 13. Rostov-on-Don, 1965. 315 p.]

Метеорологический ежегодник. 1951 – 1960 гг. Вып. 13. Ч. 2. Л., Ростов-на-Дону: Гидрометеиздат, 1958 – 1979.  
[Meteorological yearbook. 1951 – 1960. Iss. 13. P. 2. Leningrad, Rostov-on-Don: Gidrometeizdat, 1958 – 1979]

Метеорологический ежемесячник СССР. 1961 – 1990 гг. Вып. 13. Ч. 2. Ростов-на-Дону.  
[Meteorological monthly publication of the USSR. 1961 – 1990. Vol. 13. Part 2. Rostov-on-Don.]

Почвенно-экологическая карта районирования Российской Федерации. Масштаб 2500000 / Под ред. Г.В. Добровольского, И.С. Урусевской. М.: Талка+, 2013.  
[Map of soil-ecological zoning of the Russian Federation. Scale 1:2500000 / G.V. Dobrovolsky, I.S. Urusevskaya (Eds.). Moscow: Talka Plus, 2013]

Рындин А.В. Водно-термический режим субтропиков России // Садоводство и виноградарство. 2009. № 3. С. 14 – 18.  
[Ryndin A.V. Water-thermal regime of the Russian subtropics // Horticulture and viticulture. 2009. 3: 14 – 18]

Худяков О.И., Решоткин О.В. Эволюция почв в связи с современным потеплением климата // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 2. С. 38–43. DOI: 10.25750/1995-4301-2017-2-038-043  
[Khudyakov O.I., Reshotkin O.V. Soil evolution in relation to modern climate warming. Theoretical and Applied Ecology. 2017. 2: 38 – 43. DOI: 10.25750/1995-4301-2017-2-038-043]

*Статья поступила в редакцию 09.04.2019*

**Reshotkin O.V. Long-term dynamics of the atmospheric and soil climate of humid subtropics of Russia** // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2019. № 1(150). P. 23-30.

*Aim.* Identify patterns of temporal changes in the parameters of the atmospheric and soil climates of humid subtropics. *Methods.* The dynamics of air and soil temperature and precipitation are analyzed in the long-term and seasonal cycles with respect to the climatic normal, which is considered as a quantitative characteristic of the conditions of pedogenesis and climate variability over time. *Results.* The data on air temperature, precipitation and soil temperature yellow soils, formed in a subtropical wet-forest soil bioclimatic area are analyzed. It is shown that the average annual air temperature in 2001 – 2018 exceeded the climatic normal by 0,7°C, the annual precipitation increased by 104 mm. Modern warming leads to a change in the temperature regime of yellow soils. The average annual soil temperature at the beginning of the XXI century increased from 0,5°C at the depth of 320 cm to 0,9°C at the depth of 20 cm. The sum of active soil temperatures above 10°C at the depth of 20 cm increased by 283°C. *Main conclusions.* In the modern period, a change in the atmospheric and soil climate towards warming is observed in the zone of distribution of yellow soils of humid subtropics of Russia, accompanied by an increase in precipitation. Warming is most pronounced in the summer season and is practically not observed in the winter season. It is characterized by an increase in air and soil temperature throughout its profile, an increase in the sum of active temperatures. The revealed climate changes make it possible to re-evaluate the soil and agroclimatic resources of the Russian subtropics for agriculture and forestry.

**Key words:** soil climate; climatic normal; soil temperature; soil warming; yellow soils