

I.N. Tsimbalenko, A.N. Kopylov [i dr.] // *Zernovoe khoziaistvo Rossii*. – 2018. – No. 4 (58). – S. 6-11.

8. Shaikhutdinov, F.Sh. Vliianie priemov agrotekhniki na urozhai i kachestvo zerna pshenitsy polby (dvuzernianka) v usloviakh Predkamaia Respubliki Tatarstan / F.Sh. Shaikhutdinov, I.M. Serzhanov, R.I. Ibiatov [i dr.] // *Vestnik Kazanskogo GAU*. – 2018. – No. 4 (51). – S. 103-108.

9. Haliano, M. I fero: nuove acquisizioni in ambito pseventino e terapeutico / M. Haliano,

A. De Pasquale // In del Convegno "I fero, un cereale della Salute", Poterza. Bari. – Italy, 1994. – P. 67-81.

10. Zinnatullin, D.Kh. Sovershenstvovanie tekhnologii vzdelyvaniia iarovoi pshenitsy polby (*Triticum dicoccum* Schuebl) v severnoi chasti lesostepi Srednego Povolzhia: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk: 06.01.01 / Zinnatullin Damir Khalimullovich. – Kazan, 2019. – 20 s.



УДК 630*114:631.436:630(571.15)
DOI: 10.53083/1996-4277-2024-232-2-20-26

С.В. Макарычев, И.В. Гейке, Е.Г. Пивоварова
S.V. Makarychev, I.V. Gefke, E.G. Pivovarova

О ФОРМИРОВАНИИ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ ПОЛЕЙ В ПРОФИЛЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПОД НАСАЖДЕНИЯМИ РЯБИНЫ АЛОЙ

ON TEMPERATURE AND MOISTURE FIELD FORMATION IN ORDINARY CHERNOZEM PROFILE UNDER PLANTATIONS OF MOUNTAIN ASH 'ALAJA KRUPNAJA'

Ключевые слова: чернозем, рябина, температура, сумма температур, влажность, запасы влаги (ПЗВ), поливная норма.

Температурный режим почвы определяется распределением температуры в почвенной толще и ее изменении во времени под влиянием погодных условий и растительности. С целью изучения особенностей формирования гидротермического режима нами в 2018-2019 гг. были проведены наблюдения за динамикой температуры и влажности почвы в профиле чернозема обыкновенного под насаждениями рябины Алой, которая относится к древесной породе сдержанного роста. В течение мая 2019 г. положительные температуры после таяния снега проникли в почву только до глубины 40 см, тогда как в нижерасположенных горизонтах сохранялись мерзлотные процессы, которые отмечались до конца июня. С течением времени температурный профиль демонстрировал активное проникновение тепла во всю почвенную толщу. Максимальная сумма положительных температур здесь оказалась приурочена к середине августа. Карбонатный иллювиальный горизонт имел негативную сумму температур до конца июня, после чего активно поглощал большое количество теплоты из верхней части профиля. В середине мая 2019 г. распределение влаги в метровом слое почвы было достаточно равномерным. В процессе дыхания растений и десукции имели место потери влагосодержания в гумусовом горизонте. Конец июня и июль характеризовались отсутствием осадков, в результате чего влажность чернозема в гор. А и АВ опускалась до ВЗ. Но период иссушения оказался кратковременным. В целом за вегетацию ПЗВ в метровом

профиле чернозема обыкновенного не опускались ниже 176 мм. В мае ПЗВ в гумусово-аккумулятивном горизонте соответствовали уровню «хороших», а в первой декаде июня достигли 150 мм. Засушливая погода июля резко уменьшила почвенное увлажнение до ВЗ. Ситуация изменилась только в середине августа после прошедших дождей.

Keywords: chernozem, large-berried mountain ash (*Sorbus aucuparia* L.), accumulated temperature, moisture content, moisture storage, irrigation rate.

The soil temperature regime determined by temperature distribution in the soil depth and its change over time under the influence of weather conditions and vegetation. In order to study the features of the hydrothermal regime formation, in 2018 and 2019, observations were made on temperature and soil moisture dynamics in the profile of ordinary chernozem under plantations of mountain ash 'Alaja Krupnaja' belonging to a tree species of moderate growth. In May 2019, positive temperatures after snow melting penetrated into the soil only to a depth of 40 cm, while in the underlying horizons, permafrost processes persisted and were observed until the end of June. Over time, the temperature profile demonstrated active penetration of heat throughout the entire soil depth. The maximum accumulated positive temperature here was confined to mid-August. The carbonate illuvial horizon had negative accumulated temperature until the end of June, and then it actively absorbed a large amount of heat from the upper part of the profile. In mid-May 2019, moisture distribution in one meter soil layer was quite uniform. In the process of plant respiration and drying out, there were losses of mois-

ture content in the humus horizon. The end of June and July were characterized by lack of precipitation; consequently, the moisture content of the chernozem in the horizons A and AB dropped to wilting moisture. The drying out period turned out to be short. In general, during the growing season, the available moisture storage in one meter profile of ordinary chernozem did not fall below 176 mm. In

May, the available moisture storage in the humus-accumulative horizon corresponded to the "good" level, and in the first ten-days of June it reached 150 mm. The dry weather in July sharply reduced soil moisture to wilting moisture. The situation changed only in mid-August after the rains.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

Гефке Ирина Валентиновна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: ivgefke@mail.ru.

Пивоварова Елена Григорьевна, д.с.-х.н., доцент, профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: pilegri@mail.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

Gefke Irina Valentinovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: ivgefke@mail.ru.

Pivovarova Elena Grigorevna, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: pilegri@mail.ru.

Введение

Определяющими факторами роста и развития растений являются водный и тепловой режимы почвы и приземного слоя воздуха. Под водным режимом почвы понимают совокупность процессов поступления, распространения и аккумуляции почвенной влаги, а также коэффициентов влагопроводности, влагоемкости и их потенциалов. Тепловой режим почв представляет собой комплекс процессов трансформации и аккумуляции тепла в почвенном профиле на протяжении некоторого промежутка времени (годовой, сезонный или суточный). Его определяющим компонентом является температура, которую формируют климат, рельеф, растительный покров в период вегетации или снежный – в зимнее время, а также теплофизические свойства генетических горизонтов почвы [1].

Температурный режим почвы определяется распределением температуры в почвенной толще и ее изменении во времени под влиянием погодных условий и растительности [2, 3]. При поступлении лучистой энергии тепло за счет кондуктивной теплопередачи распространяется вниз по профилю почвы, но в случае падения температуры атмосферного воздуха возникает обратный процесс.

Целью исследований явилось изучение особенностей формирования гидротермического режима в профиле чернозема обыкновенного под насаждениями рябины Алой, которая относится к древесной породе сдержанного роста [4]. В **задачи** исследований входило проведение наблюдений за динамикой температуры и влажности почвы; расчет поливных норм. Исследо-

вания были проведены в период с 2018 по 2019 гг.

Объекты и методы

Объектами исследований явились чернозем обыкновенный среднесуглинистого гранулометрического состава и рябина «Алая», которая имеет крону средней густоты, хорошо затеняющую поверхность почвы и поверхностную корневую систему. Температурный режим был исследован полевым зондом, датчики которого *DS18D20* созданы по технологии *1-Wire* фирмой «Dallas Semiconductor-Maxim», США [5]. Этот тип датчиков зарегистрирован в Госреестре средств измерений под № 23169-02 и допущен к использованию в России. Использованы также расчетные методы [6-8]. Влажность почвы определена термостатно-весовым методом [9]. Измерения показателей проводили в течение вегетации до глубины 1 м через каждые 10 см. Затем рассчитывали суммы температур и полезные запасы влаги (ПЗВ) по генетическим горизонтам. Кроме того, был изучен суточный ход температуры в начале и конце теплого времени года. Полив растений проводили во время засухи в начале вегетации и за 2-3 недели до созревания плодов из расчета 20-30 л воды под каждый куст.

Результаты исследований

В результате исследования температурно-влажностного состояния чернозема обыкновенного под насаждениями рябины Алой нами были получены данные, представленные в таблицах 1, 2.

В течение мая 2018 г. положительные температуры после таяния снега проникли в почву только до глубины 40 см, тогда как в нижераспо-

ложенных горизонтах сохранялись мерзлотные процессы, которые отмечались до конца июня. Тем не менее в метровом слое чернозема сумма температур по всему профилю оказалась выше нуля уже 27 мая за счет прогретых гумусово-аккумулятивных горизонтов. С течением времени температурный профиль, показанный в таблице 1, демонстрировал активное проникновение тепла во всю почвенную толщу. Максимальная сумма положительных температур здесь оказалась приурочена к середине августа, достигнув 240⁰С, но уже к началу осени она снизилась до 166⁰С.

На рисунке 1 показаны распределения значений сумм температур по генетическим горизонтам чернозема обыкновенного.

Максимум температур в течение всей вегетации наблюдался в верхнем гумусовом горизонте А, а в переходном слое АВ он был минимальным, поскольку последний характеризовался малой мощностью (20 см). Данные рисунка 1 указывают на то, что карбонатный иллювиальный горизонт мощностью 40 см имел негативную сумму температур до конца июня, после чего активно поглощал большое количество теплоты из верхней части профиля и прогревался аналогично горизонту А.

Таблица 1

Распределение температурного поля в профиле чернозема обыкновенного под насаждениями рябины Алой, 2018 г.

Горизонт	Дата определения	14.05	27.05	12.06	27.06	15.07	30.07	12.08	29.08
	Т возд.	+5	+9	+6	+8	+12	+22	+26	+14
	h, см	Температура почвенного профиля							
А	0,5	+5	+5	+6	+6	+11	+17	+25	+18
	10	+4	+5	+6	+5	+10	+16	+25	+17
	20	+2	+4	+5	+4	+9	+15	+24	+16
	30	+2	+3	+3	+4	+9	+15	+23	+16
АВ	40	+1	+3	+3	+3	+8	+14	+23	+16
	50	-2	0	+2	+2	+8	+13	+22	+15
Вк+ Вск	60	-2	-1	0	0	+7	+12	+21	+15
	70	-4	-3	-1	-1	+6	+12	+21	+14
	80	-4	-3	-3	-2	+5	+11	+19	+14
	90	-5	-3	-3	-2	+4	+11	+19	+13
	100	-5	-3	-3	-3	+3	+10	+18	+12
Σоб	0-100	-8	+7	+15	+16	+30	+146	+240	+166

Примечание. Поскольку точность измерения температуры составляла 0,5⁰С, то она представлена целыми числами.

В таблице 2 представлены данные о распределении увлажнения в метровом слое чернозема под насаждениями рябины Алой в 2019 г.

В середине мая 2019 г. (табл. 2) распределение влаги в метровом слое почвы было достаточно равномерным (21-25% от массы сухой почвы), за исключением быстро теряющей влагу поверхности чернозема. В процессе транспирации и десукции имели место потери влагосодержания в гумусовом горизонте и, частично, на глубине 60-70 см. Интенсивные атмосферные осадки 10-12 июня привели к насыщению дождевой водой до значения НВ (наименьшая влагемкость) гумусовых горизонтов, но фильтрации ее в нижние горизонты не наблюдалось.

Конец июня и июль характеризовались отсутствием осадков, в результате чего влажность чернозема в гор. А и АВ опускалась до 10% от массы почвы, что соответствовало влажности завядания (ВЗ). Но период иссушения оказался кратковременным, поскольку в конце июля прошли обильные дожди. Август также оказался достаточно влажным. В целом за период вегетации ПЗВ в метровом профиле чернозема обыкновенного не опускались ниже 176 мм, что соответствовало уровню очень хороших по классификации А.Ф. Вадюниной [9].

Рисунок 2 характеризует продуктивные запасы влаги в генетических горизонтах чернозема под насаждениями рябины.

Таблица 2

Распределение влажности и продуктивные запасы влаги (ПЗВ) в профиле чернозема обыкновенного под насаждениями рябины Алой, 2019 г.

Горизонт	Срок	14.05	27.05	12.06	27.06	15.07	30.07	12.08	29.08
	h, см	Влажность почвенного профиля							
А	0,5	11,7	19,5	38,8	20,6	20,2	47,3	31,6	36,0
	10	24,4	18,3	49,8	15,8	16,6	47,7	25,2	40,7
	20	24,1	19,8	49,7	12,7	13,8	28,3	20,1	43,2
	30	21,0	27,1	45,7	14,8	11,8	32,2	20,8	38,1
АВ	40	26,1	23,6	49,4	18,4	10,0	43,7	27,4	33,8
	50	25,9	27,3	28,1	19,8	20,9	50,1	27,0	40,8
Вк+Вск	60	25,3	18,6	24,5	18,3	28,4	44,6	24,4	20,2
	70	27,9	20,4	27,2	16,1	21,0	31,5	27,5	19,9
	80	21,0	24,0	15,8	28,1	18,8	29,9	25,4	15,8
	90	21,5	21,9	20,0	19,4	22,3	42,1	24,2	20,0
	100	21,1	29,2	26,5	27,3	26,1	42,8	29,8	24,1
ΣПЗВ	0-100	259,2	229,1	368,0	184,3	176,3	362,8	292,5	224,5

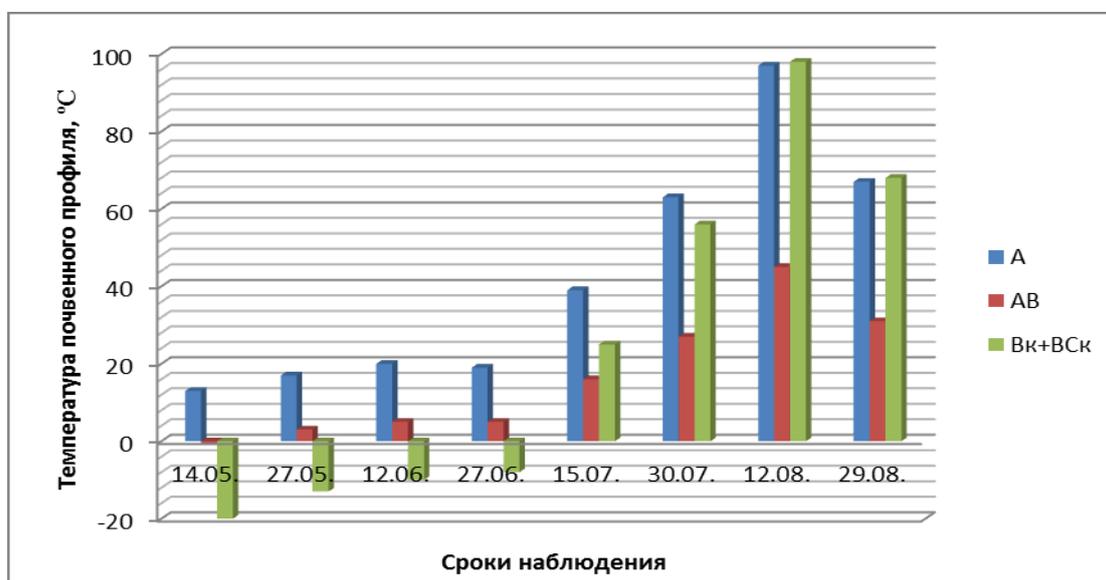


Рис. 1. Сумма температур в генетических горизонтах чернозема обыкновенного, 2018 г.

Из анализа данных рисунка 2 следует, что в мае 2019 г. ПЗВ соответствовали уровню «хороших», а в первой декаде июня в результате выпадения атмосферных осадков запас влаги в гумусовом слое достиг 150 мм. Засушливая погода июля резко уменьшила почвенное увлажнение до 12 мм, что оказалось сравнимым с ВЗ, при которой растения испытали дискомфорт. Ситуация изменилась только в середине августа после выпавших осадков. В то же время в переходном горизонте АВ количество почвенной влаги было вполне достаточно, а в иллювиальном горизонте Вк+Вск соответствовало очень хорошим влагозапасам. Несмотря на это следует отметить, что у рябины поверхностная корневая

система, поэтому в середине лета для нее сложился напряженный режим увлажнения. Для поддержания оптимальной влажности почвы в засушливые периоды были проведены поливы нормами 20-30 л воды под каждый куст рябины.

Погодные и почвенные условия лета 2018 г. сложились более напряженным по температуре и влажности, чем в 2019 г. (табл. 3).

Температура воздуха с июня по август колебалась в пределах 35-25⁰С, что привело к обезвоживанию метровой толщи чернозема под насаждениями рябины. При этом ПЗВ во второй декаде июля снизились до 64 мм, а в августе – до 45 мм, т.е. до уровня «очень плохих».

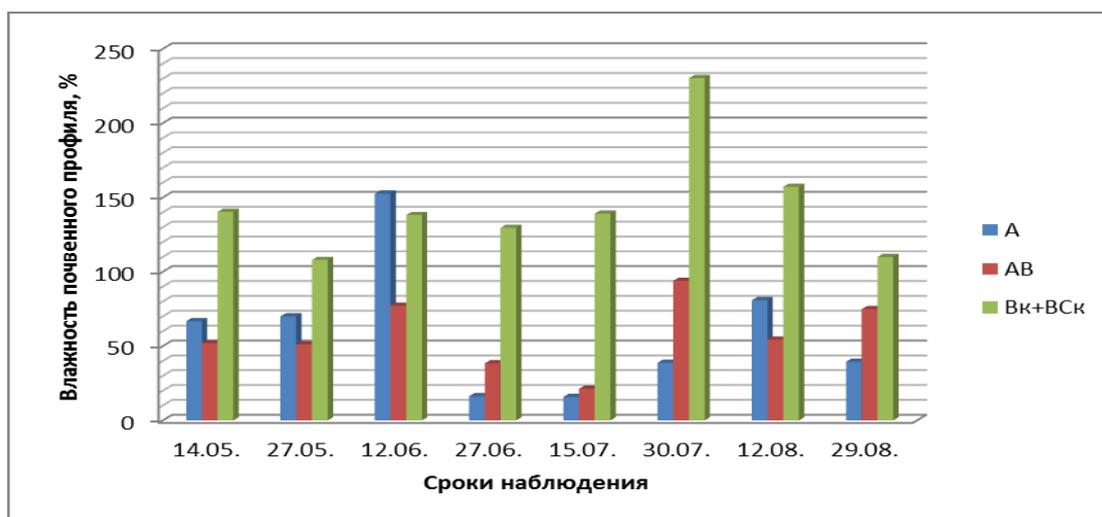


Рис. 2. Продуктивные запасы влаги ПЗВ в генетических горизонтах чернозема обыкновенного, 2019 г.

Таблица 3

Температура воздуха (T_0), сумма температур в метровом слое чернозема обыкновенного (ΣT) и ПЗВ (мм) в 2018 г.

Срок	02.05	15.05	09.06	01.07	19.07	01.08	17.08	29.08	15.09
T_0	+15	+7	+35	+27	+28	+27	+25	+14	+4
ΣT	-18	-22	108	191	208	201	181	92	72
ПЗВ	230	225	79	176	64	88	43	61	26

Для более полной характеристики термического режима в профиле чернозема проведены его суточные исследования в начале и конце вегетационного периода. Так, в таблице 4 представлены значения температуры воздуха в теплое время 2019 г., ее значения во всей почвенной толще через 10 см, суммы температур для каждого генетического горизонта и в целом для

метрового слоя. Профиль чернозема обыкновенного под насаждениями рябины уже в мае оказался теплее по сравнению с черноземом выщелоченным, занятом сиренью. Весьма вероятно, что причина этого заключалась в экспозиции исследованных участков, поскольку первый расположен на приподнятом склоне южной экспозиции, а второй – горизонтально.

Таблица 4

Суточное распределение температуры в профиле чернозема под насаждениями рябины Алой 02.06.19 г.

Время		10:00	13:00	16:00	19:00	1:00	7:00	10:00
T воздуха		+7	+12	+18	+16	+8	+6	+7
Горизонт	h, см	Температура почвенного профиля						
A	0,5	+5	+6	+6	+6	+5	+5	+5
	10	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5
	20	+4	+4	+5	+5	+5	+4	+4
	30	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4
	40	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4
Σ	0-40	+22	+23	+24	+24	+24	+22	+22
AB	50	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
	60	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
Σ	50-60	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5
Bк+Bск	70	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
	80	0	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0	0
	100	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Σ	70-100	0	0	0	0	0	0	0
$\Sigma_{об}$	0-100	+27	+28	+29	+29	+29	+27	+27

Суточное распределение температуры в профиле чернозема под насаждениями рябины Алой 30.08.19 г.

Время		10:00	13:00	16:00	19:00	1:00	7:00	10:00
Т воздуха		+7	+12	+18	+16	+8	+6	+7
Горизонт	h, см	Температура почвенного профиля						
А	0,5	+19	+20	+21	+18	+17	+17	+19
	10	+19	+19	+20	+18	+17	+17	+19
	20	+19	+19	+19	+19	+17	+17	+19
	30	+18	+18	+18	+18	+17	+17	+18
	40	+17	+17	+17	+17	+17	+16	+17
Σ	0-40	+92	+93	+95	+90	+85	+84	+92
АВ	50	+17	+17	+17	+17	+17	+16	+17
	60	+16	+16	+16	+16	+16	+16	+16
Σ	50-60	+33	+33	+33	+33	+33	+32	+33
Вк+Вск	70	+15	+15	+15	+15	+15	+15	+15
	80	+15	+15	+15	+15	+15	+15	+15
	90	+14	+14	+14	+14	+14	+14	+14
	100	+13	+13	+13	+13	+13	+13	+13
Σ	79-100	+57	+57	+57	+57	+57	+57	+57
Σоб	0-100	+182	+183	+185	+180	+175	+174	+182

Сказалась также мощность снежного покрова, составившая к началу марта, соответственно, 65 и 41 см. В результате положительные температуры уже к началу июня в профиле чернозема обыкновенного проникли на глубину 70 см, а их сумма составила в метровом слое почвы +28⁰С. Вследствие невысокой температуры воздуха и выпавших осадков динамика температуры прослеживалась слабо даже в верхнем гумусовом горизонте, а в нижележащих генетических горизонтах температурный режим сохранял свою стабильность в течение суток.

Таблица 5 содержит данные о температурном поле 30 августа 2019 г. при ясной солнечной погоде, но невысокой температуре воздуха.

Прежде всего следует отметить, что профиль чернозема к этому времени оказался достаточно прогретым. При этом наиболее теплым в течение суток пребывал поверхностный слой почвы, в котором температура к 16:00 ч дня составляла 21⁰С, а ее колебания не превышали 3⁰С. С глубиной температура постепенно снижалась и на 100 см соответствовала 13⁰С. Рассматривая генетические горизонты, можно отметить, что сумма температур в гумусовом слое в течение суток изменялась в пределах 10⁰С, а ее максимум достигал к 16:00 ч 95⁰С, снизившись в 7:00 ч до 84⁰С. Температурное поле в подстилающих горизонтах сохраняло стабильность, а сумма температур в метровом слое соответствовала диапазону 185-174⁰С.

Выводы

1. В течение мая 2018 г. положительные температуры почвы после таяния снега отмечены только до глубины 40 см, а в нижерасположенных горизонтах сохранялись мерзлотные процессы, которые отмечались до конца июня. С течением времени происходило активное проникновение тепла во всю почвенную толщу. Максимальная сумма положительных температур оказалась в середине августа.

2. Максимум температур в течение всей вегетации наблюдался в верхнем гумусовом горизонте **А**, а в переходном слое **АВ** он был минимальным. Карбонатный иллювиальный горизонт имел негативную сумму температур до конца июня, после чего активно поглощал большое количество теплоты из верхней части профиля и прогревался аналогично горизонту **А**.

3. В течение мая 2019 г. положительные температуры почвы в профиле чернозема обыкновенного отмечены на глубине 70 см. На это повлиял снеговой покров мощностью более 65 см.

4. За годы исследований распределение влаги в метровом слое почвы было достаточно равномерным. Конец июня и июль характеризовались отсутствием осадков, в результате чего влажность чернозема в гор. **А** и **АВ** опускалась до 10% от массы почвы. Но период иссушения оказался кратковременным. В целом за вегетацию ПЗВ в метровом профиле чернозема обыкновенного не опускались ниже 176 мм.

5. В мае ПЗВ в гумусово-аккумулятивном горизонте соответствовали уровню «хороших», а в первой декаде июня достигли 150 мм. Засушливая погода июля резко уменьшила почвенное увлажнение до ВЗ. Ситуация изменилась только в середине августа после прошедших дождей. В то же время количество почвенной влаги в иллювиальном горизонте соответствовало «очень хорошим» влагозапасам.

6. Так как у рябины поверхностная корневая система, поэтому в середине лета для нее складывался напряженный режим увлажнения. Для поддержания оптимальной влажности почвы в засушливые периоды были проведены поливы нормами 20-30 л воды под каждый куст рябины.

Библиографический список

1. Шульгин, А. М. Снежная мелиорация и климат почвы / А. М. Шульгин. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1986. – 72 с. – Текст: непосредственный.
2. Хабаров, С. Н. Агрэкосистемы садов юга Западной Сибири / С. Н. Хабаров. – Новосибирск: Наука СО, 1999. – 308 с. – Текст: непосредственный.
3. Макарычев, С. В. Теплофизическое состояние плодовых садов Алтайского Приобья / С. В. Макарычев, И. В. Гефке, А. В. Шишкин. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 191 с. – Текст: непосредственный.
4. Абаимов, В. Ф. Дендрология / В. Ф. Абаимов. – Москва: Академия, 2009. – 363 с. – Текст: непосредственный.
5. Болотов, А. Г. Измерение температуры почвы с помощью технологии I-WIRE / А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 11 (97). – С. 29-30.
6. Шеин, Е. В. Теории и методы физики почв / Е. В. Шеин, Л. О. Карпачевский. – Москва: Гриф и К, 2007. – 616 с. – Текст: непосредственный.
7. Определение профильного распределения температуры почвы на основании температуры ее поверхности / А. Г. Болотов, Е. В. Шеин, М. А. Мазиров, А. И. Мартынов. – Текст: непо-

средственный // Земледелие. – 2018. – № 7. – С. 26-29.

8. Макарычев, С. В. Физические свойства, гидротермические режимы почв и методы их исследования: учебное пособие / С. В. Макарычев. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2020. – 57 с. – Текст: непосредственный.

9. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Shulgin A.M. Snezhnaia melioratsiia i klimat pochvy. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986. – 72 s.
2. Khabarov S.N. Agroekosistemy sadov iuga Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk: Izd-vo Nauka SO, 1999. – 308 s.
3. Makarychev S.V. Teplofizicheskoe sostoianie plodovykh sadov Altaiskogo Priobia / S.V. Makarychev, I.V. Gefke, A.V. Shishkin. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 191 s.
4. Abaimov V.F. Dendrologiia. – Moskva: Izd-vo «Akademii», 2009. – 363 s.
5. Bolotov A. G. Izmerenie temperatury pochvy s pomoshchiu tekhnologii 1-WIRE // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 11 (97). – S. 29-30.
6. Shein E.V. Teorii i metody fiziki pochv / E.V. Shein, L.O. Karpachevskii. – Moskva: Grif i K, 2007. – 616 s.
7. Bolotov A.G. Opredelenie profilnogo raspredeleniia temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverkhnosti / A.G. Bolotov, E.V. Shein, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2018. – No. 7. – S. 26-29.
8. Makarychev S.V. Fizicheskie svoistva, gidrotermicheskie rezhimy pochv i metody ikh issledovaniia: uchebnoe posobie. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2020. – 57 s.
9. Vadiunina A.F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoistv pochvy / A.F. Vadiunina, Z.A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

