

icheskiy spravochnik. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1957.

3. Lyashchenko G.A. Osnovnye priemy agrotekhniki zernovogo amaranta v lesostepi TsChR: diss. ... kand. s.-kh. nauk: 06.01.09 / Lyashchenko Galina Aleksandrovna; nauch. ruk. S.V. Kadyrov; FGBOU VPO «VGAU imeni K.D. Glinki». – Voronezh, 2007. – 16 s.

4. Metodicheskie rekomendatsii po vzdelyvaniyu amaranta na korm i semena v lesostepi Srednego Povolzhya / Kazarin V.F. i dr. – Kinel: GNU Povolzhskiy NIIS im. P.N. Konstantinova, 2013. – 28 s.

5. Martinez-Nunez, M., Ruiz-Rivas, M., Vera-Hernandez, P.F., et al. (2019). The phenological growth stages of different amaranth species grown in restricted spaces based in BBCH code. *South African Journal of Botany*. 124: 436-443.

6. Egushova E.A., Nurlygayanov R.B. Vliyanie klimaticheskikh izmeneniy na proizvodstvo produktsii rastenievodstva (na primere Kemerovskoy oblasti) // *Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal*. – 2015. – No. 3. – S. 45-49.

7. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochvy. – 3-e izd., pererab. i dop. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.



УДК 630.114:631.436:630 (571.15)

С.В. Макарычев, В.В. Хлебникова  
S.V. Makarychev, V.V. Khlebnikova

## ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ ПОД НАСАЖДЕНИЯМИ ДЕКОРАТИВНЫХ КУЛЬТУР В ДЕНДРАРИИ

### THE TEMPERATURE AND MOISTURE CONTENT OF CHERNOZEMS UNDER ORNAMENTAL PLANTS IN THE ARBORETUM

**Ключевые слова:** чернозем выщелоченный, обыкновенный, температура, сумма температур, влажность, влагосодержание, наименьшая влагоемкость, влажность завядания.

Объектами исследований были черноземы обыкновенные и выщелоченные под насаждениями сирени Мейера, рябины Алая и туи Даника. Были изучены особенности формирования гидротермических режимов в этих почвах в условиях дендрария. Средние значения влагосодержания в профиле почв разного генезиса формировались под действием погодных условий, но до середины вегетации значительное влияние на гидротермические режимы имели биологические особенности декоративных ценозов. Под насаждениями рябины верхний гумусовый горизонт в мае был увлажнен слабее, чем под сиренью. В последующие месяцы вегетации влажность повышалась вплоть до конца августа. В почвообразующей породе колебания влагосодержания были сглажены, и только 30 июля наблюдался его резкий рост в результате прошедших дождей. Под туей в течение лета наблюдалась более высокая влажность, чем под другими декоративными культурами. Так, на глубине 80-100 см средняя влажность превышала НВ практически во все сроки наблюдений, за исключением середины июля, ко-

гда отсутствовали осадки. Под насаждениями туи тепловой режим характеризовался низкими температурами. Даже 12 июня нулевая изотерма наблюдалась на глубине 10 см. В июле она опустилась на глубину 60 см, и только к 30 июля профиль чернозема прогрелся на всю глубину. В течение мая-июня сумма температур в гумусовом горизонте не превышала 2°C и оказалась максимальной и равной 58,2°C только в середине августа. В летнее время имела место значительная разница в суммах температур под листовыми и хвойными культурами в течение суток. Так, 2 июня под туей сумма температур верхнего слоя (20 см) в течение суток не превышала 6,3°C, а вся почвенная толща имела отрицательную сумму температур. Теплопередача здесь была незначительной в силу сильного затенения поверхности почвы и более глубокого и сильного промерзания профиля в зимнее время.

**Keywords:** leached chernozem, ordinary chernozem, temperature, accumulated temperatures, moisture, moisture content, lowest moisture capacity, wilting moisture.

The research targets were ordinary chernozems and leached chernozems under plantations of Dwarf Korean lilac (*Syringa meyeri*), large-berried mountain ash (*Sorbus aucu-*

paria L.) and thuja (*Thuja occidentalis* 'Danica Aurea'). The features of formation of hydrothermal regimes in these soils under the conditions of the arboretum were studied. The average values of moisture content in the soil profile of different genesis were formed under the influence of weather conditions, but until the middle of the growing period the biological features of ornamental cenoses had significant influence on the hydrothermal regimes. Under the mountain ash plantations, the upper humus horizon was had lower moisture content in May than under the lilac plantation. During the following months of the growing season, the moisture content increased until the end of August. In the parent rock, the moisture content fluctuations were smoothed out, and only on July 30, there was a dramatic increase as a result of rains. Under thuja during the summer, there was higher moisture content than under other ornamental plants. At a depth of 80-100 cm, the average moisture content exceeded the minimum moisture-holding capacity practically on all ob-

servation dates except for mid-July when there was no precipitation. Under thuja plantations, the thermal regime was characterized by low temperatures. Even on June 12, the zero-degree isotherm was observed at a depth of 10 cm. In July, it moved down to a depth of 60 cm, and only by July 30, the profile of the chernozem warmed up to the entire depth. During May and June, the accumulated temperatures in the humus horizon did not exceed 2 degrees and was maximum and equal to 58.2 degrees only in mid-August. In summer, there was a significant difference in the accumulated temperatures under deciduous and coniferous plants during the day. On June 2, under thuja, the accumulated temperatures of the upper 20 cm layer during the day did not exceed 6.3°C, and the entire soil layer had negative accumulated temperatures. The heat transfer here was insignificant due to the strong shading of the soil surface and deeper and stronger freezing of the profile in the winter.

**Макарычев Сергей Владимирович**, д.б.н., проф., каф. геодезии, физики и инженерных сооружений, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Хлебникова Виктория Валерьевна**, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Makarychev Sergey Vladimirovich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Geodesy, Physics and Engineering Structures, Altai State Agricultural University. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Khlebnikova Viktoriya Valeryevna**, post-graduate student, Altai State Agricultural University. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

### Введение

Основными факторами, определяющими жизнедеятельность декоративных культур, являются тепло и влага. Температура обуславливает подвижность жидкой фазы в почвенном профиле, за счет которой растению доставляются необходимые элементы питания. Все эти процессы зависят, прежде всего, от микроклимата приземного атмосферного слоя и почвы. В результате гидротермический режим почв формируется под воздействием внешнего фактора, а именно солнечной инсоляции и состояния воздушной сферы Земли [1, 2]. Вместе с тем на формирование режима тепла в почвенном профиле влияют теплофизические характеристики (ТФХ) его генетических горизонтов [3]. В совокупности со степенью почвенного увлажнения они в значительной степени определяют интенсивность процессов теплопередачи и теплоаккумуляции в почве. Предполагаемые мелиорации декоративных культур, таких как сирень Мейера, рябина Алая и туя Даника позволят в целях экологизации [4] регулировать оптимальное тепло- и влагосодержание в почвенном профиле.

Изучение влажности, как абиотического фактора, и ее влияния на теплофизическое состояние почв различного генезиса в зависимости от произрастающих кустарниковых экосистем в условиях дендрария в Алтайском крае до настоящего времени не проводилось. Исключением являются исследования гидротермических режимов под древесными породами [5]. Поэтому нами было организовано экспериментальное изучение режимов тепла и влаги в течение вегетации 2019 г. под насаждениями декоративных культур на территории дендрария отдела НИИСС им. М. А. Лисавенко.

### Объекты и методы

Объектами исследований явились черноземы обыкновенные и выщелоченные под насаждениями сирени Мейера, рябины Алая и туи Даника. **Цель** – изучение гидротермических режимов почв под различными декоративными культурами в условиях дендрария. В этой связи решалась задача экспериментального измерения влажности и температуры по генетическим горизонтам почвенного профиля. Влажность почвы измерялась весовым методом [5], температура – электронным

термометром [6, 7]. При этом сумма температур находилась путем сложения температур по профилю через каждые 10 см, т. е. на глубинах 0, 10, 20 см и т.д.

### Результаты исследований

Для выявления сезонных особенностей гидротермического режима почв под различными декоративными кустарниками нами проведены сопряженные исследования генетических горизонтов черноземов разного генезиса. Наблюдения показали, что сезонные изменения температуры и влажности черноземов в течение вегетации в большей степени зависят от погодных условий и, в меньшей, от особенностей произрастающей кустарниковой породы.

Влажность почвы – одно из главных условий, которые обеспечивают благоприятное развитие растений. Уровень почвенного увлажнения в сочетании с температурой оказываются определяющими в формировании гидротермического состояния черноземов [8, 9].

При анализе проведенных исследований можно отметить, что изменения показателей тепло- и влагосодержания генетических горизонтов почв, прежде всего, зависят от климатических особенностей, складывающихся в течение вегетационного периода. В то же время имеют место различия во влиянии той или иной декоративной культуры в формировании гидротермического режима почв.

Так, летом 2019 г. в черноземе обыкновенном под насаждениями сирени в мае влажность гумусово-аккумулятивного горизонта превышала ВРК (15%), достигнув 25% от массы почвы (табл. 1). Она резко повысилась 12 июня из-за выпавших накануне дождей (до 38%). В последующие месяцы почвенное увлажнение составляло 13-15%, за исключением 30.07, когда оно повысилось за счет осадков до 26,4%, что оказалось выше НВ.

В почвообразующей породе в середине мая влажность при отрицательной температуре была равна ВРК, а затем возросла в результате таяния внутрпочвенного льда до 39% от массы почвы. Такое влагосодержание сохранялось до середины июня, а затем сохранялось до 15 июля в пределах 29-28%. Во второй половине лета влажность ко-

лебалась около 20%. Единственным днем, когда увлажнение в подстилающей породе под сиренью достигло влажности завядания (11,4%), было 12 августа.

Сумма температур в гумусовом слое (0-20 см) под сиренью 14 мая составляла всего +1,7<sup>0</sup>С, которая с течением времени постепенно повышалась вплоть до середины августа, достигнув максимального значения в 67<sup>0</sup>С. При этом уже на глубине 20 см 14 мая температура составляла 0<sup>0</sup>С, а в более глубоких слоях снижалась до -5<sup>0</sup>С. Даже 12 июня нулевая изотерма проходила через ноль градусов на 40-сантиметровой глубине, а на метровой была равна 4<sup>0</sup>С. 27 июня температура 0<sup>0</sup>С опустилась до 70 см и только 15 июля на глубине 100 см поднялась до +2<sup>0</sup>С. Сумма температур по всему почвенному профилю стала расти за счет интенсивного прогревания верхних горизонтов с начала июля и достигла максимума к 12 августа.

Под насаждениями рябины верхний гумусовый горизонт в мае был увлажнен слабее, чем под сиренью. В последующие месяцы вегетации влажность здесь повысилась и оставалась такой вплоть до конца августа. В почвообразующей породе колебания влагосодержания были сглажены, и только 30 июля наблюдался его резкий рост в результате прошедших дождей.

В то же время верхний слой (20 см) под насаждениями рябины прогревался сильнее за счет более слабого затенения кроной растений и повышенного элемента рельефа. Так, сумма температур здесь в начале мая равнялась 11<sup>0</sup>С и быстро увеличивалась до середины августа. В почвообразующей породе нулевая изотерма была отмечена на глубине 60 см, тогда как под сиренью – на 40 см. Сумма температур метровой толщи была отрицательной только в мае, но уже 12 июня составила 13,8<sup>0</sup>С и оставалась более высокой, чем под сиренью, в течение всей вегетации. Ее максимум оказался равен 12 августа 240<sup>0</sup>С по сравнению со 192<sup>0</sup>С под сиренью.

Под насаждениями туи складывался иной гидротермический режим. Следует отметить, что здесь в течение всего вегетационного периода наблюдалась более высокая влажность, чем под

другими декоративными культурами, как в гумусовом горизонте, так и в подстиляющей породе. Так, на глубине 80-100 см средняя влажность превышала НВ практически во все сроки наблюдений, за исключением середины июля, когда отсутствовали осадки. Очевидно, под туей складывался иной гидрологический режим под действием низкой дисперсности и слабого уплотнения почвенного профиля [10]. В результате порозность аэрации здесь оказалась также ниже, поскольку почвенные поры были сильно обводнены.

В то же время температурный режим был более напряженным. Даже 12 июня нулевая изотерма наблюдалась на глубине 10 см. В июле она опустилась на глубину 60 см, и только к 30 июля профиль чернозема прогрелся на всю глубину. В течение мая-июня сумма температур в гумусовом горизонте не превышала 2°C и оказалась максимальной и равной 58,2°C только в середине августа. Это гораздо ниже, чем под другими культурами. Сумма температур по всему профилю почвы в это время составила 119,6°C, тогда как под сиренью – 191,7°C, а под рябиной – 239,6°C. Но до конца июня эта сумма оставалась отрицательной (табл. 1).

В таблицах 2 и 3 представлены суммы температур, складывающиеся в течение суток в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте и во всей

почвенной толще под декоративными культурами в начале и конце вегетации.

Влагосодержание принимается постоянным, поскольку проведенные ранее исследования показали, что в верхнем гумусовом горизонте его относительные изменения не превышают 5%, а во всем почвенном профиле – 3%. При этом усредненная влажность чернозема под насаждениями сирени в первом случае оказалась равной 37,0%, а во втором – 38,9% от массы сухой почвы. Для рябиновых посадок эти величины, соответственно, 14,7 и 16,3%, а для туи – 25,6 и 22,7%. Это обусловлено пониженным и выровненным элементом рельефа под сиренью и туей, но имеющим уклон под рябиной. Второго июня было пасмурно, температура воздуха в 7:00 составляла +6°C.

Погодные факторы обусловили слабое прогревание чернозема под декоративными насаждениями и незначительное увеличение суммарной температуры в дневное время под рябиной и туей, изменение которой не превышало 2°C. Под сиренью в гумусовом слое чернозема обыкновенного изменение суммы температур составило 6°C. В то же время почвенный профиль под рябиной в силу пониженного увлажнения ко 2 июня был прогрет сильнее, чем под сиренью, на 10°C.

Таблица 1

**Сумма температур ( $\Sigma T$ , см) и влажность ( $U$ , % от массы почвы) в черноземах под декоративными культурами на разной глубине летом 2019 г. (10:00)**

Срок	14.05	27.05	12.06	27.06	15.07	30.07	12.08	29.08
Сирень								
$\Sigma T$ (0-20)	1,7	4,0	4,7	8,3	33,7	50,0	67,0	51,2
$\Sigma T$ (0-100)	-19,8	-6,4	5,2	27,0	73,9	115,3	191,7	166,0
Уср. (0-20)	25,3	23,3	38,0	15,2	13,7	26,4	15,1	20,1
Уср.(80-100)	13,2	38,9	34,1	29,3	27,7	20,7	11,3	20,0
Рябина								
$\Sigma T$ (0-20)	11,0	13,8	16,7	15,2	30,2	48,3	73,7	56,7
$\Sigma T$ (0-100)	-7,8	-7,6	13,8	16,5	79,8	146,2	239,6	196,2
$U$ (0-20)	20,0	19,8	45,7	16,7	17,0	31,4	25,7	22,3
$U$ (0-100)	21,2	25,0	20,7	24,7	22,3	32,8	26,3	20,9
Туя								
$\Sigma T$ (0-20)	2,0	2,0	2,0	3,0	17,7	36,0	58,2	56,7
$\Sigma T$ (0-100)	-23,6	-21,4	-17,8	-13,0	16,0	83,3	119,6	175,7
$U$ (0-20)	29,2	31,6	29,0	28,3	15,3	28,2	22,7	13,7
$U$ (0-100)	23,0	29,7	33,4	38,0	14,4	31,2	24,0	18,7

Следует отметить значительную разницу в суммах температур под листовыми культурами и хвойными. Так, под туей сумма температур верхнего слоя (20 см) в течение суток не превышала 6,3°C, а вся почвенная толща имела отрицательную сумму температур. Теплопередача здесь была незначительной в силу сильного затенения поверхности почвы и более глубокого и сильного промерзания профиля в зимнее время.

Аналогичные измерения температурного режима проведены 30-31 августа 2019 г. (табл. 3).

Средняя влажность чернозема в эти дни в гумусово-аккумулятивном горизонте и по всему профилю составила под сиренью, соответственно, 20,1 и 19,0, под рябиной – 6,9 и 14,4 и под туей – 14,1 и 11,3% от массы почвы.

Из анализа данных таблицы 3 следует, что по сравнению с началом вегетации в конце августа тепловое состояние черноземов на исследованных вариантах кардинально изменилось. Сумма температур как верхнего гумусового горизонта,

так и всего почвенного профиля стала почти одинаковой под всеми декоративными растениями. Особенно близкие значения суммы температур имеют место под сиренью и туей. Профиль под рябиной становится более теплым только с 13:00 до 19:00 ч. В остальное время суток разница в температурах отсутствует. Таким образом, тепловое состояние почвенных профилей под разными типами культурных насаждений становится практически одинаковым.

В этой связи следует отметить, что средние значения влагосодержания в профиле почв разного генезиса формируются в основном под действием погодных условий, но до середины вегетации значительное влияние на гидротермические режимы имеют биологические особенности декоративных ценозов. Развитая корневая система, разное затенение поверхности почвы зеленой массой растений способствуют иссушению почвенного профиля, с одной стороны, и препятствуют физическому испарению влаги – с другой.

Таблица 2

**Сумма температур в верхнем гумусовом горизонте и в целом по профилю почв под различными декоративными культурами 2-3.06.2019 г.**

Срок, часы	10:00	13:00	16:00	19:00	1:00	7:00
Сирень						
ΣT (0-20 см)	13,0	13,4	16,0	19,2	16,1	13,6
ΣT (0-100 см)	13,6	14,0	18,8	19,8	15,5	14,3
Рябина						
ΣT (0-20 см)	14,0	14,8	15,8	15,6	14,6	14,0
ΣT (0-100 см)	26,6	27,4	28,4	28,2	27,2	26,6
Туя						
ΣT (0-20 см)	5,0	5,8	6,2	6,3	5,0	5,0
ΣT (0-100 см)	-6,5	-5,7	-5,3	-5,2	-6,5	-6,5

Таблица 3

**Сумма температур в верхнем гумусовом горизонте и в профиле почв под различными декоративными культурами 30-31.08.2019 г.**

Срок, часы	10:00	13:00	16:00	19:00	1:00	7:00
Сирень						
ΣT (0-20 см)	54,0	55,7	58,2	56,0	53,0	53,0
ΣT (0-100 см)	171,3	174,4	178,0	172,6	170,0	168,8
Рябина						
ΣT (0-20 см)	56,5	57,6	60,0	54,5	51,0	51,8
ΣT (0-100 см)	177,2	182,3	184,9	179,1	174,6	172,9
Туя						
ΣT (0-20 см)	56,0	57,0	58,1	56,0	54,1	53,0
ΣT (0-100 см)	173,0	178,0	179,2	177,0	175,1	171,8

При этом степень увлажнения, близкая к влажности разрывов капиллярных связей, и градиенты температур, складывающиеся в почве, обеспечивают перенос молекул влаги, находящейся в жидком и парообразном состоянии, через почвенные поры. Кроме того, летние дожди чаще всего увлажняют лишь верхний гумусово-аккумулятивный горизонт и быстро расходуются путем через транспирацию и физическое испарение.

### Выводы

1. Средние значения влагосодержания в профиле почв разного генезиса формируются в основном под действием погодных условий, но до середины вегетации значительное влияние на гидротермические режимы имеют биологические особенности декоративных ценозов. Развитая корневая система, разное затенение поверхности почвы зеленой массой растений способствуют иссушению почвенного профиля, с одной стороны, и препятствуют физическому испарению влаги – с другой.

2. Под насаждениями рябины верхний гумусовый горизонт в мае был увлажнен слабее, чем под сиренью. В последующие месяцы вегетации влажность здесь повысилась и оставалась такой вплоть до конца августа. В почвообразующей породе колебания влагосодержания были сглажены, и только 30 июля наблюдался его резкий рост в результате прошедших дождей.

3. Под туей в течение всего вегетационного периода наблюдалась более высокая влажность, чем под другими декоративными культурами, как в гумусовом горизонте, так и в подстилающей породе. Так, на глубине 80-100 см средняя влажность превышала НВ практически во все сроки наблюдений, за исключением середины июля, когда отсутствовали осадки.

4. В посадках туи в течение вегетации тепловой режим характеризовался низкими температурами. Даже 12 июня нулевая изотерма наблюдалась на глубине 10 см. В июле она опустилась на глубину 60 см, и только к 30 июля профиль чернозема прогрелся на всю глубину. В течение мая-июня сумма температур в гумусовом горизонте не

превышала 2°C и оказалась максимальной и равной 58,2°C только в середине августа, что гораздо ниже, чем под другими культурами.

5. В летнее время имела место значительная разница в суммах температур под лиственными и хвойными культурами в течение суток. Так, 2 июня под туей сумма температур верхнего слоя (20 см) в течение суток не превышала 6,3°C, а вся почвенная толща имела отрицательную сумму температур. Теплопередача здесь была незначительной в силу сильного затенения поверхности почвы и более глубокого и сильного промерзания профиля в зимнее время.

### Библиографический список

1. Гейгер, Р. Климат приземного слоя воздуха. – Москва: Изд-во иностранной литературы / Р. Гейгер. 1960. – 162 с. – Текст: непосредственный.
2. Шульгин, А. М. Климат почвы и его регулирование / А. М. Шульгин. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1967. – 298 с. – Текст: непосредственный.
3. Макарычев, С. В. Теплофизическое состояние черноземов в плодовых садах Алтайского Приобья / С. В. Макарычев, И. В. Гефке, А. В. Шишкин. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 192 с. – Текст: непосредственный.
4. Трофимов, И. Т. Использование дефеката для известкования почв Западной Сибири / И. Т. Трофимов, С. В. Макарычев, А. Н. Иванов. – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2006. – № 4 (31). – С. 15-16.
5. Лебедева, Л. В. Теплофизические свойства и гидротермические режимы почв под древесными насаждениями в условиях дендрария // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Лебедева Л. В. – Уфа: БашГАУ, 2019. – 17 с. – Текст: непосредственный.
6. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Высшая школа, 1973. – 399 с. – Текст: непосредственный.

7. Макарычев, С. В. Теплофизические свойства выщелоченных черноземов Алтайского Приобья: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Макарычев С. В. – Новосибирск: ИПА СО АН СССР, 1980. – 24 с. – Текст: непосредственный.

8. Чудновский, А. Ф. Теплофизика почв / А. Ф. Чудновский. – Москва: Наука, 1976. – 352 с. – Текст: непосредственный.

9. Качинский, Н. А. Физика почвы. Часть 1 / Н. А. Качинский. – Москва: Наука, 1965. – 323 с. – Текст: непосредственный.

10. Панфилов, В. П. Особенности поведения влаги в супесчаных и суглинистых автоморфных почвах в связи с их порозностью / В. П. Панфилов, Н. И. Чащина. – Текст: непосредственный // Известия СО АН СССР. Серия биологических наук. – 1975. – № 5, вып. 1. – С. 3-7.

### References

1. Geyger R. Klimat prizemnogo sloya vozdukh. – Moskva: Izd-vo inostrannoy literatury, 1960. – 162 s.

2. Shulgin A.M. Klimat pochvy i ego regulirovanie. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1967. – 298 s.

3. Makarychev S.V. Teplofizicheskoe sostoyanie chernozemov v plodovykh sadakh Altayskogo Pri-

obya / S.V. Makarychev, I.V. Gefke, A.V. Shishkin. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 192 s.

4. Trofimov I.T. Ispolzovanie defekata dlya izvestkovaniya pochv Zapadnoy Sibiri / I.T. Trofimov, S.V. Makarychev, A.N. Ivanov // Plodorodie. – 2006. – No. 4 (31). – S. 15-16.

5. Lebedeva L.V. Teplofizicheskie svoystva i gidrotermicheskie rezhimy pochv pod drevesnymi nasazhdeniyami v usloviyakh dendrariya: avtoreferat diss. ... kand. biol. nauk. – Ufa: BashGAU, 2019. – 17 s.

6. Vadyunina A.F. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov / A.F. Vadyunina, Z.A. Korchagina. – Moskva: Izd-vo «Vysshaya shkola», 1973. – 399 s.

7. Makarychev S.V. Teplofizicheskie svoystva vyshchelochennykh chernozemov Altayskogo Priobya: avtoreferat diss. ... kandidata biol. nauk. – Novosibirsk: IPA SO AN SSSR, 1980. – 24 s.

8. Chudnovskiy A.F. Teplofizika pochv. – Moskva: Nauka, 1976. – 352 s.

9. Kachinskiy N.A. Fizika pochvy. – Moskva: Nauka, 1965 – Ch. 1. – 323 s.

10. Panfilov V.P. Osobennosti povedeniya vlagi v supeschanykh i suglinistykh avtomorfnykh pochvakh v svyazi s ikh poroznostyu / V.P. Panfilov, N.I. Chashchina // Izvestiya SO AN SSSR. – 1975. – No. 5. – Seriya biolog. nauk. – Vyp. 1. – S. 3-7.

