

Z.A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

8. Bekhovyykh Iu.V. Osobennosti teploakkumulatsii i teploobmena v dernovo-podzolistykh pochvakh na gariakh sukhostepnoi zony Altaiskogo kraia / Iu.V. Bekhovyykh, S.V. Makarychev, I.T. Trofimov, A.G. Bolotov // Antropogennoe vozdeistvie na lesnye ekosistemy. Mat-ly II mezhd. konf. Altaiskii

GAU, Altaiskii GU, Komitet prirodnykh resursov po Altaiskomu kraiu. – Barnaul, 2002. – S. 142-145.

9. Makarychev S.V., Mazirov M.A. Fizicheskie osnovy ekologii. – Vladimir: Izd-vo NIISKh, 2000. – 242 s.

10. Kazbekov A.B. Vlianie orosheniia na urozhainost zemliani v usloviakh luzhnogo Dagestana // Sadovodstvo i vinogradarstvo. – 2011. – No. 1. – S. 36-40.



УДК 630\*114:631.436:630(571.15)

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-209-3-41-46

С.В. Макарычев, Е.Г. Пивоварова

S.V. Makarychev, Ye.G. Pivovarova

## ТЕПЛО И ВЛАГА В ПРОФИЛЕ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ СОДЕРЖАНИИ НАСАЖДЕНИЙ ТУИ В ДЕНДРАРИИ

### HEAT AND MOISTURE IN CHERNOZEM PROFILE WHEN MAINTAINING THUJA PLANTATIONS IN THE ARBORETUM

**Ключевые слова:** туя, чернозем выщелоченный, влажность, температура, влагоёмкость, общие и продуктивные влагозапасы, поливная норма.

Лето 2018 г. было жарким. В результате среднемесячная сумма температур в полдень в гумусовом слое увеличилась до 115°C, а в августе понизилась. Аналогичный характер распределения температур сохранялся в нижележащих генетических горизонтах, а также в целом по профилю. В 2019 г. летний период оказался прохладным. Даже в июле к полудню температура воздуха не превышала 20-23°C, поэтому в этот период сумма температур в верхнем 40-сантиметровом слое составила только 19°C, а во всем профиле – 49°C. Резкое улучшение погоды в августе привело к ускоренному прогреванию чернозема. В гумусовом горизонте температура поднималась до 80°C, а в слое 0-100 см – до 138°C. Зима 2017/2018 г. оказалась многоснежной. После снеготаяния влага интенсивно проникала в почву, что предопределило высокое влагосодержание в профиле чернозема. В июле запасы влаги в черноземе выросли за счет атмосферных осадков. Окончание летнего периода характеризовалось снижением ОВЗ и ПВЗ. Возник дефицит влаги в верхнем слое почвы, поэтому потребовался полив нормой 30 л/м<sup>2</sup>. В то же время метровый слой почвы содержал большое количество доступной влаги, и орошение всего почвенного профиля оказалось нецелесообразным. Весной 2019 г. запасы влаги по всему профилю чернозема оказались довольно малыми. Но в июне прошедшие дожди увеличили влажность почвы, поэтому орошение не потребовалось. В середине лета и в августе дефицит влаги в корнеобитаемом слое не превышал 9 мм. Таким образом, учитывая, что туя может легко переносить водный

дефицит в течение короткого времени, полива не потребовалось.

**Keywords:** *thuja, leached chernozem, moisture content, temperature, moisture capacity, total and available moisture storage, irrigation rate.*

The summer of 2018 was hot. As a result, the average monthly accumulated temperatures at noon in the humus layer increased to 115 degrees, and decreased in August. A similar pattern of temperature distribution remained in the underlying genetic horizons as well as throughout the soil profile. In 2019, the summer period turned out to be cool. Even in July, by noon, the air temperature did not exceed 20-23°C. Therefore, during this period, the accumulated temperature in the upper 40 cm layer reached 19°C only, and 49°C in the entire profile. A dramatic weather improvement in August led to accelerated heating of the chernozem. In the humus horizon, the temperature increased to 80°C, and in the 0-100 cm layer - to 138°C. The winter season of 2017-2018 turned out to be snowy. After snowmelt, moisture intensively penetrated into the soil, and that determined the high moisture content in the chernozem profile. In July, moisture storage in chernozem increased due to atmospheric precipitation. The end of the summer period was characterized by decreasing total and available moisture storage. There was a moisture deficit in the upper soil layer, so it required irrigation at a rate of 30 L m<sup>2</sup>. At the same time, one meter soil layer contained a large amount of available moisture and irrigation of the entire soil profile was not practical. In the spring of 2019, the moisture storage throughout the entire chernozem profile turned out to be quite low. But in June, rainfalls increased soil moisture so irrigation was not required. In the

middle of summer and in August, the moisture deficit in the root layer did not exceed 9 mm. Thus, given that the thuja

can easily tolerate water deficiency for a short time, irrigation was not required.

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

**Пивоварова Елена Григорьевна**, д.с.-х.н., доцент, 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.

**Pivovarova Yelena Grigoryevna**, Dr. Agr. Sci., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: pilegri@mail.ru.

### Введение

Растения туи Даника достигают высоты 70 см. Они имеют шарообразную крону. Туя развивается очень медленно, ежегодно прибавляя в росте до 4-5 см. Она в состоянии длительный период времени обходиться без оросительных мелиораций, но влажная плодородная почва способствует ускоренной вегетации [1, 2], поэтому в жаркую погоду растения требуют поливов нормой до 15-20 л воды.

Тепловые мелиорации в данном случае дают малый положительный эффект, поскольку практически невозможно регулировать температуру воздуха и почвы с помощью мульчирования. Поэтому единственным способом влияния на приземный климат может служить только дождевание, которое увлажняет воздух и понижает температуру окружающей среды, создавая комфортные условия для растений. При устойчивой засухе этот прием рекомендуется проводить через 3-4 дня, не создавая переувлажнения в корнеобитаемом слое почвы. Управление гидромелиоративными мероприятиями должно быть направлено на обеспечение оптимального содержания туевых насаждений, широко используемых в дендрариях.

Для научного обеспечения этого процесса нами было проведено изучение гидротермического режима в почвенном профиле под растениями туи в летнее время 2018 и 2019 гг.

### Объекты и методы

**Цель** исследований – изучение особенностей формирования гидротермического режима в почвенном профиле и возможных способов его регулирования. **Объект** исследований – чернозем выщелоченный под посадками туи Даника на землях НИИСС им. М.А. Лисавенко в 2018-2019 гг. При этом измерялась температура почвы на определенных глубинах подекадно в данный момент времени (полдень) через каждые

10 см, а затем суммировалась [3-6]. Влажность устанавливалась путем взвешивания почвенных образцов [7], что позволяло найти естественное влагосодержание по генетическим горизонтам почвы.

### Результаты исследований

В таблице 1 приведены данные средней за месяц суммы температур в отдельно рассмотренных горизонтах чернозема и в слое метровой толщины.

**Таблица 1**  
**Усредненная сумма температур в 13:00 ч (ΣT, °C) в генетических горизонтах и в слое 0-100 см чернозема под насаждениями туи в 2018 г. (числитель) и в 2019 г. (знаменатель)**

Срок	Май	Июнь	Июль	Август
Горизонт А; h = 0,0-0,4 м				
ΣT	$\frac{-6,5}{-0,2}$	$\frac{103,0}{3,4}$	$\frac{115,3}{19,1}$	$\frac{83,0}{79,5}$
Горизонт АВ; h = 0,4-0,7 м				
ΣT	$\frac{-8,2}{-4,3}$	$\frac{36,7}{-3,0}$	$\frac{48,9}{7,0}$	$\frac{38,4}{30,4}$
Горизонт В; 0,7-0,9 м				
ΣT	$\frac{-10,4}{-7,1}$	$\frac{31,2}{-6,0}$	$\frac{33,8}{3,9}$	$\frac{30,3}{26,7}$
Слой 0,0-1,0 м				
ΣT	$\frac{-38,0}{-22,0}$	$\frac{201,0}{-13,4}$	$\frac{214,4}{49,6}$	$\frac{179,1}{137,6}$

Холодная зима 2017/2018 г. обусловила достаточно глубокое охлаждение, а до какой-то глубины и промерзание почвенного профиля. Поэтому средняя сумма температур в гумусово-аккумулятивном горизонте и во всем профиле почвы оставалась отрицательной вплоть до конца мая. В июне в результате прогревания эта сумма в указанном горизонте достигла 103°C, а

в целом по всей почвенной толще – 203°C. Следует отметить, что лето 2018 г. была жарким (температура воздуха достигала 35°C). В результате среднемесячная сумма температур увеличилась в указанном горизонте до 115°C, в августе снизилась до 83°C. Аналогичный характер распределения температур сохранялся в нижележащих генетических горизонтах, а также в целом по профилю.

Вследствие малоснежной зимы 2018/2019 г. отрицательные температуры проникали глубже и сохранялись дольше. Так, среднемесячная сумма температур в июне на глубине 60 см была ниже нуля, как и в нижних горизонтах, в целом в слое 0-100 см оказалась равной -13,4°C. Лето 2019 г. было прохладным. Даже в июле в полдень температура воздуха не превышала 20-23°C. Поэтому сумма температур в верхнем 40-сантиметровом слое составила только 19°C, а во всем профиле – 49°C. Резкое улучшение погоды в августе привело к ускоренному прогреванию приземного слоя, вследствие чего увеличились и температуры почвы. В гумусовом горизонте они поднялись до 80°C, в иллювиальном – до 27°C, а в слое 0-100 см – 138°C.

Водный режим в черноземе выщелоченном в течение двух лет формировался естественным образом, поэтому имело место переувлажнение или, наоборот, иссушение почвенного профиля, когда растения нуждались в орошении. Соответственно с этим рассчитывался дефицит влагозапасов и определялись поливные нормы. Их величины зависели, прежде всего, от количества выпадающих осадков или их отсутствия, а также от агрофизических свойств самой почвы и вида декоративной культуры. Это, как известно, определяет систему содержания различных растений [8-10].

Определяющим почвенным критерием для формирования оптимального влагосодержания в генетических горизонтах чернозема является предельная полевая влагоемкость (по А.П. Розову), она же наименьшая влагоемкость (по А.А. Роде). Известно, что позитивное влияние на произрастание туи оказывает оптимум влагосодержания в почве в заданных пределах. Они соответствуют для среднесуглинистого чернозема диапазону от 0,75 НВ до НВ [8-10]. Нами для изученной почвы принят верхний порог увлажнения, равный 0,75 НВ. Величины общих и

продуктивных запасов, средних за месяц, отображены в таблице 2.

Зима 2017/2018 г. была многоснежной. Высота снега на территории дендрария достигала 1 м. В результате снеготаяния влага интенсивно проникала в почву, что предопределило высокое влагосодержание в профиле чернозема. Так, среднемесячные общие влагозапасы в мае в гумусовом слое составили 186 мм, а доступные – 148 мм, что по А.Ф. Вадюниной [7] относится к очень хорошим. В подстилающих горизонтах ПВЗ лежали в пределах от 85 до 60 мм, а в метровой толще достигали 316 мм.

В результате физического испарения и транспирации влагозапасы в июне снизились в верхнем 40-сантиметровом слое до 30 мм, тем самым перейдя на уровень неудовлетворительных. В иллювиальном горизонте они были выше, составив 36 мм, а в почвообразующей породе ПВЗ оставались весьма большими, поэтому в слое 0-100 см они оказались равными 316 мм, что обусловило переувлажнение почвы.

**Таблица 2**  
**Усредненные месячные общие (ОВЗ, мм) и продуктивные влагозапасы (ПВЗ, мм) в генетических горизонтах и в слое 0-100 см чернозема выщелоченного под насаждениями туи летом 2018 г.**

Срок	Май	Июнь	Июль	Август
Горизонт А; h = 0,0-0,4 м				
ОВЗ	186,0	67,7	126,0	72,4
ПВЗ	148,0	29,9	88,5	34,7
Горизонт АВ; h = 0,4-0,7 м				
ОВЗ	102,1	52,6	76,4	64,8
ПВЗ	85,2	35,2	59,4	47,9
Горизонт В; h = 0,7-0,9 м				
ОВЗ	77,0	52,4	66,0	48,4
ПВЗ	60,2	35,7	49,1	31,0
Слой 0,0-1,0 м				
ОВЗ	330,0	228,6	273,4	231,3
ПВЗ	316,2	214,7	259,0	217,4

Примечание. Измерения температуры почвы и относительной влажности почвы проведены В.В. Чупиной.

В июле запасы влаги в черноземе выросли за счет атмосферных осадков как в отдельных генетических горизонтах, так и в профиле в целом. Окончание летнего периода характеризовалось

снижением ОВЗ и ПВЗ до удовлетворительного состояния. Учитывая, что в корнеобитаемом слое мощностью 39 см величина 0,75 НВ составила 63 мм, определим дефицит влаги, имеющий место в июне. Он оказался равным 33 мм. В июле влагосодержание соответствовало наименьшей влагоемкости, поэтому имел место некоторый избыток доступных ПВЗ, но в августе он опять возрос до 28 мм. В результате июньская норма оказалась равной 30 мм, или 300 т/га, а в августе – 280 т/га. При этом на 1 м<sup>2</sup> необходимо было вылить в среднем 29 л. В то же время метровый слой почвы содержал большое количество доступной влаги, поэтому орошение всего почвенного профиля стало нецелесообразным, следовало ограничиться только горизонтом «А».

Таблица 3 содержит среднемесячные данные, характеризующие ОВЗ и ПВЗ в летний период 2019 г.

**Таблица 3**  
**Средние за месяц общие (ОВЗ, мм)**  
**и продуктивные влагозапасы (ПВЗ, мм)**  
**в генетических горизонтах**  
**и в слое 0-100 см чернозема выщелоченного**  
**под насаждениями туи летом 2019 г.**

Срок	Май	Июнь	Июль	Август
Горизонт А; h = 0,0-0,4 м				
ОВЗ	108,7	109,6	91,8	92,2
ПВЗ	70,6	72,2	54,0	54,5
Горизонт АВ; h = 0,4-0,7 м				
ОВЗ	54,0	73,2	58,1	57,3
ПВЗ	37,4	56,5	41,2	40,4
Горизонт В; h = 0,7-0,9 м				
ОВЗ	61,3	79,5	67,4	57,0
ПВЗ	44,4	62,2	50,4	40,5
Слой 0,0-1,0 м				
ОВЗ	285,6	347,4	234,3	264,0
ПВЗ	200,5	262,0	198,5	178,1

Зимой 2018/2019 г. снежный покров сформировался довольно поздно и составлял к концу февраля от 30 до 40 см. По этой причине запасы влаги после таяния снега по всему профилю чернозема оказались довольно малыми. Тем не менее в корнеобитаемом слое чернозема сохранилось около 70 мм продуктивной влаги, что

соответствовало хорошим влагозапасам. В то же время в переходном и иллювиальном горизонтах эти запасы составляли, соответственно, 37 и 44 мм, что позволяло отнести их к удовлетворительному уровню.

В июне прошедшие дожди увеличили влажность почвы, поэтому продуктивные запасы оказались практически равными – 0,75 НВ, т.е. в этом случае орошение не требовалось. В середине лета и в августе количество влаги уменьшалось до 40-50 мм, недостаток продуктивной влаги составлял в верхнем 40-сантиметровом слое 9 мм, в переходном – 30 мм, а в иллювиальном он вообще отсутствовал. Таким образом, учитывая, что туя может легко переносить водный дефицит в течение короткого времени, полив проводить не было нужды.

Суммарное содержание влаги в метровой толще чернозема летом 2019 г. колебалось в пределах 250-350 мм, а продуктивные запасы не опускались ниже 180 мм, т.е. являлись очень хорошими. Таким образом, гидротермический режим чернозема под насаждениями туи Даника в 2018-2019 гг. оказался довольно благоприятным для декоративных растений. Этому способствовали также пониженная десукция и транспирация из почвы, занятой хвойной культурой по сравнению с лиственными породами [11, 12]. Отсюда следует вывод, что в течение изученных летних периодов растения туи в орошении не нуждались.

### Выводы

1. Холодная зима 2017/2018 г. обусловила отрицательную среднюю сумму температур как в гумусовом горизонте, так и во всем профиле почвы вплоть до конца мая. Следует отметить, что лето 2018 г. была жарким. В результате среднемесячная сумма температур в этом слое увеличилась к середине лета до 115°С, после чего стала снижаться. Аналогичный характер распределения температур сохранялся в нижележащих генетических горизонтах, а также в целом по профилю.

2. Вследствие малоснежной зимы 2018/2019 г. отрицательные температуры проникали в почву глубже и сохранялись дольше. Лето 2019 г. было прохладным. Даже в июле к полудню температура воздуха не превышала 20-23°С. Поэтому в этот период сумма температур в верхнем 40-сантиметровом слое составила

только 19°C, а во всем профиле – 49°C. Резкое улучшение погоды в августе привело к ускоренному кратковременному прогреванию чернозема. В гумусовом горизонте температура поднималась до 80°C, а в слое 0-100 см – до 138°C.

3. В результате таяния больших зимних запасов снега 2018 г. влага интенсивно проникала в почву, что предопределило высокое влагосодержание в профиле чернозема. Физическое испарение и дыхание растений в июне снизили влагозапасы в почве. В июле они выросли за счет атмосферных осадков. Окончание летнего периода характеризовалось снижением ОВЗ и ПВЗ. Возник дефицит влаги в верхнем слое почвы, поэтому потребовался полив нормой 30 л/м<sup>2</sup>. В то же время метровый слой почвы содержал большое количество доступной влаги, поэтому орошение всего почвенного профиля оказалось нецелесообразным.

4. Весной 2019 г. после таяния снега влаги по всему профилю чернозема оказалось мало. Но июньские дожди увеличили влажность почвы, поэтому орошение не потребовалось. В середине лета и в августе дефицит влаги в корнеобитаемом слое не превышал 9 мм. Таким образом, учитывая, что туя может легко переносить водный дефицит в течение короткого времени, полив оказался не нужным.

#### Библиографический список

1. Абаимов, В. Ф. Дендрология / В. Ф. Абаимов. – Москва: Изд-кий центр «Академия», 2009. – 363 с. – Текст: непосредственный.
2. Колесников, А. И. Декоративная дендрология / А. И. Колесников. – Москва, 1974. – 703 с. – Текст: непосредственный.
3. Болотов, А. Г. Электронный измеритель температуры почвы / А. Г. Болотов, С. В. Макарычев, Ю. В. Беховых. – Текст: непосредственный // Проблемы природопользования на Алтае: сборник научных трудов молодых ученых. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – С. 55-57.
4. Послепожарные изменения почв и особенности флоры гарей равнинных сосновых лесов Алтайского края / С. В. Макарычев, А. А. Малиновских, А. Г. Болотов, Ю. В. Беховых. – Текст: непосредственный // Ползуновский вестник. – 2011. – № 4-2. – С. 107-110.
5. Определение профильного распределения температуры почвы на основании темпера-

туры ее поверхности / Е. В. Шеин, А. Г. Болотов, М. А. Мазиров, А. И. Мартынов. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2018. – № 7. – С. 26-29.

6. Болотов А. Г. Метод определения теплопроводности почвы / А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 7 (129). – С. 74-79.

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

8. Болотов, А. Г. Водоудерживающая способность почв Алтайского края / А. Г. Болотов, Е. В. Шеин, С. В. Макарычев. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2019. – Вып. 52. – № 2. – С. 187-192.

9. Бурлакова, Л. М. Почвы Алтайского края / Л. М. Бурлакова, Л. М. Татаринцев, В. А. Рассыпнов. – Барнаул: АСХИ, 1988. – 69 с. – Текст: непосредственный.

10. Почвоведение / И. С. Кауричев, Л. Н. Александрова, Н. П. Панов [и др.]. – Москва: Колос, 1982. – 496 с. – Текст: непосредственный.

11. Лебедева, Л. В. Гидротермический режим почвы под древесными культурами в условиях городской зоны (г. Барнаул, НИИСС им. М. А. Лисавенко) / Л. В. Лебедева, А. И. Завалишин. – Текст: непосредственный // Молодежь – Барнаулу: материалы XVI научно-практической конференции молодых ученых. – Барнаул, 2014. – С. 9-11.

12. Лебедева, Л. В. Влагосодержание и теплофизические свойства почв под древесными фитоценозами в условиях дендрария / Л. В. Лебедева. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 8 (154). – С. 67-71.

#### References

1. Abaimov V.F. Dendrologiia. – Moskva: Izd. tsentr «Akademii», 2009. – 363 s.
2. Kolesnikov A.I. Dekorativnaia dendrologiia. – Moskva, 1974. – 703 s.
3. Bolotov A.G. Elektronnyi izmeritel temperatury pochvy / A.G. Bolotov, S.V. Makarychev, Iu.V. Bekhovych // Problemy prirodopolzovaniia na

Altae. – sb. nauch. tr. molodykh uchenykh. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2001. – S. 55-57.

4. Makarychev S.V. Poslepozharnye izmeneniia pochv i osobennosti flory garei ravninnykh sosnovykh lesov Altaiskogo kraia / S.V. Makarychev, A.A. Malinovskikh, A.G. Bolotov, Iu.V. Bekhovykh // Polzunovskii vestnik. – 2011. – No. 4-2. – S. 107-110.

5. Shein E.V. Opredelenie profilnogo raspredeleniia temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverkhnosti / E.V. Shein, A.G. Bolotov, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2018. – No. 7. – S. 26-29.

6. Bolotov A.G. Metod opredeleniia temperaturoprovodnosti pochvy // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – No. 7 (129). – S. 74-79.

7. Vadiunina A.F. Metody issledovaniia fizicheskikh svoistv pochvy / A.F. Vadiunina, Z.A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

8. Bolotov A.G. Vodouderzhivaiushchaia sposobnost pochv Altaiskogo kraia / A.G. Bolotov, E.V. Shein, S.V. Makarychev // Pochvovedenie. – 2019. – Vyp. 52. – No. 2. – S. 187-192.

9. Burlakova L.M. Pochvy Altaiskogo kraia / L.M. Burlakova, L.M. Tatarintsev, V.A. Rassypnov. – Barnaul: ASKhl, 1988. – 69 s.

10. Kaurichev I.S. Pochvovedenie / I.S. Kaurichev, L.N. Aleksandrova, N.P. Panov i dr. – Moskva: Kolos, 1982. – 496 s.

11. Lebedeva L.V. Gidrotermicheskii rezhim pochvy pod drevesnymi kulturami v usloviakh gorodskoi zony (g. Barnaul, NIISS im. M.A. Lisavenko) / L.V. Lebedeva, A.I. Zavalishin // Sb.: Molodezh – Barnaulu. – Mater. KhVI nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh. – Barnaul, 2014. – S. 9-11.

12. Lebedeva L.V. Vlagosoderzhanie i teplofizicheskie svoistva pochv pod drevesnymi fitotsenozami v usloviakh dendrarii // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 8 (154). – S. 67-71.

