

Научная статья

УДК 631.436.3(571.15)

EDN HSGGJH

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0480-0-122-129>

Гидротермические свойства серой лесной супесчаной почвы под покровной культурой в условиях Алтайского Приобья

Сергей Владимирович Макарычев¹, доктор биологических наук, профессор
Татьяна Владимировна Тихонова², аспирант

^{1, 2} Алтайский государственный аграрный университет

Алтайский край, Барнаул, Россия

¹ makarychev1949@mail.ru, ² tanya.tixonova.97@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена изучению микроклимата, формирующе-
гося под насаждениями ирисов в профиле серой лесной агропочвы, трансфор-
мированной длительным использованием, для теплофизической характери-
стики опытного участка. Установлено, что в соответствии с увлажнением ди-
намично изменялись в течение вегетации и теплофизические коэффициенты.
При этом в оподзоленном горизонте изменения оказались нулевыми.

Ключевые слова: серая лесная почва, влажность, теплоемкость, темпера-
туропроводность, теплопроводность

Для цитирования: Макарычев С. В., Тихонова Т. В. Гидротермические
свойства серой лесной супесчаной почвы под покровной культурой в условиях
Алтайского Приобья // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспек-
тивы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 16–17 ап-
реля 2025 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 122–129.

Original article

Hydrothermal properties of gray forest sandy loam soil under cover crop in the conditions of the Altai Ob region

Sergey V. Makarychev¹, Doctor of Biological Sciences, Professor

Tatyana V. Tikhonova², Postgraduate Student

^{1, 2} Altai State Agrarian University, Altai krai, Barnaul, Russia

¹ makarychev1949@mail.ru, ² tanya.tixonova.97@mail.ru

Abstract. The work is devoted to the study of the microclimate formed under
iris plantings in the profile of gray forest agricultural soil transformed by long-term
use for the thermophysical characteristics of the experimental plot. It was found that,

in accordance with moisture, the thermophysical coefficients also changed dynamically during the growing season. At the same time, in the podzolized horizon, the changes were zero.

Keywords: gray forest soil, moisture, heat capacity, thermal diffusivity, thermal conductivity

For citation: Makarychev S. V., Tikhonova T. V. Hydrothermal properties of gray forest sandy loam soil under cover crop in the conditions of the Altai Ob region. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 122–129), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

Введение. Ирисы (Iris), как представители цветочных культур, относятся к травянистым многолетникам с ветвящейся корневой системой, разрастающейся в поверхностном почвенном горизонте до глубины 20–30 см [1, 2]. Они исключительно морозостойки. Ирисы бородатые негативно реагируют на переувлажнение. Использованы в качестве покровной культуры.

В настоящее время экспериментальные данные по тепловым свойствам и водно-температурным почвенным режимам в агроценозах ирисов отсутствуют. В этой связи нами была поставлена *цель изучения микроклимата, формирующегося под насаждениями ирисов бородатых в профиле серой лесной агропочвы, трансформированной длительным использованием, для характеристики ее теплофизического состояния*. Экспериментальный участок расположен в нагорной части г. Барнаула, приуроченной к лесостепной зоне Алтайского края.

Объекты и методы исследований. Объект исследований – серая лесная супесчаная, трансформированная длительным использованием агропочва под покровной цветочной культурой. Работа выполнена в соответствии с концепцией системного подхода [3] с учетом традиционного для почвенной науки профильно-сравнительного и морфологического методов. В процессе экспериментального получения данных по теплофизическим коэффициентам применена лабораторная установка импульсного метода плоского нагревателя [4], а также методика С. В. Макарычева [5].

Температура измерялась в естественных условиях электротермометрами в сезонном цикле через каждые три часа, а влажность – термостатно-весовым способом.

Результаты исследований. Климатические особенности лесной зоны благоприятны для произрастания травянистой растительности. Почвообразующие породы представлены лессовидными суглинками. На этой территории сформировались черноземы, а также серые лесные почвы, главным морфологическим признаком которых является заметное расслоение верхнего слоя на два горизонта: гумусовый A_1 и гумусово-оподзоленный A_1A_2 , в разной степени окрашенный органическим веществом и белесой присыпкой мелкого кварца и полевых шпатов. Ниже расположен иллювиальный горизонт В с присыпкой и коричнево-бурой (красноватый песок) окраской. Слабо выражен переход в серо-песчаную почвообразующую породу, содержащую некоторое количество карбонатов в виде прожилок.

Сортиспытательный участок с ирисами бородатыми находится в понижении, со всех сторон защищенном от ветра лесополосами. Серая лесная почва представлена супесчаной разновидностью (табл. 1).

Таблица 1 – Гранулометрический состав серой лесной почвы в агроценозе цветочных культур

| Горизонт | Глубина, см | Размер фракций (мм) и их содержание (%) | | | | | | |
|-----------------|-------------|---|-----------|-----------|------------|-------------|-------|-------|
| | | 0,25–1,00 | 0,05–0,25 | 0,01–0,05 | 0,005–0,01 | 0,001–0,005 | 0,001 | <0,01 |
| $A_{1\text{п}}$ | 0–20 | 22,55 | 31,21 | 28,12 | 7,32 | 5,40 | 5,40 | 18,1 |
| A_1A_2 | 20–30 | 33,89 | 20,51 | 25,84 | 6,36 | 6,24 | 7,16 | 19,76 |
| В | 30–50 | 61,78 | 20,10 | 6,64 | 1,32 | 2,20 | 7,96 | 11,48 |
| ВС | 50–65 | 56,02 | 23,66 | 11,08 | 2,28 | 1,76 | 5,20 | 9,24 |
| С | более 65 | 57,69 | 24,55 | 9,32 | 2,08 | 2,40 | 3,96 | 8,44 |

Результаты исследований дисперсности серой лесной почвы, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о ее супесчаной природе, на что указывает количество глинистой фракции генетических горизонтов. Подстилающие почвенные слои представлены связным песком. Здесь больше крупных и средних песчаных частиц, содержание которых составляет до 80 %. В верхней части

*Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития
Материалы всероссийской научно-практической конференции*

профиля их число чуть более 50 %, но преобладает крупная пыль. Максимум или сосредоточено в переходном и иллювиальном горизонтах (более 7 %), а минимум – в почвообразующей породе.

Таблица 2 характеризует общие физические свойства серой лесной почвы, к которым относятся плотность сложения, порозность и наличие органики. Плотность твердой фазы для верхних горизонтов соответствует 2,5, а для нижних – 2,7 г/см³.

Таблица 2 – Общие физические свойства серой лесной почвы опытного участка

| Горизонт | Глубина, см | Плотность, г/см ³ | Порозность, % | Гумус, % |
|-------------------------------|-------------|------------------------------|---------------|----------|
| A _{1п} | 0–20 | 1,15 | 52,3 | 4,5 |
| A ₁ A ₂ | 20–30 | 1,21 | 51,5 | 3,7 |
| В | 30–50 | 1,45 | 46,2 | 1,2 |
| ВС | 50–65 | 1,54 | 43,1 | 0,3 |
| С | более 65 | 1,57 | 42,3 | – |

Плотность сложения почвенного профиля с глубиной постепенно возрастает с 1,15 г/см³ в пахотном слое до 1,57 г/см³ в горизонте С, а общая порозность при уплотнении почвы снижается, также как и содержание органического вещества.

В таблицу 3 включены значения водно-физических констант почвенного профиля.

Таблица 3 – Гидрологические постоянные серой лесной почвы сортоучастка

| Горизонт | Глубина, см | Влажность завядания, % | Наименьшая влагоемкость, % | Полная влагоемкость, % |
|-------------------------------|-------------|------------------------|----------------------------|------------------------|
| A _{1п} | 0–20 | 5,67 | 9,86 | 43,33 |
| A ₁ A ₂ | 20–30 | 5,79 | 10,59 | 42,90 |
| В | 30–50 | 4,66 | 8,33 | 31,72 |
| ВС | 50–65 | 3,89 | 7,23 | 27,92 |
| С | более 65 | 3,37 | 5,75 | 26,75 |

Таким образом, все водные показатели при переходе от пахотного слоя к почвообразующей породе уменьшаются в зависимости от величины порового пространства.

Под воздействием атмосферных осадков, явлений десукации и транспирации влажность почвы наряду с теплофизическими показателями претерпевает в течение вегетации разнообразные изменения (табл. 4).

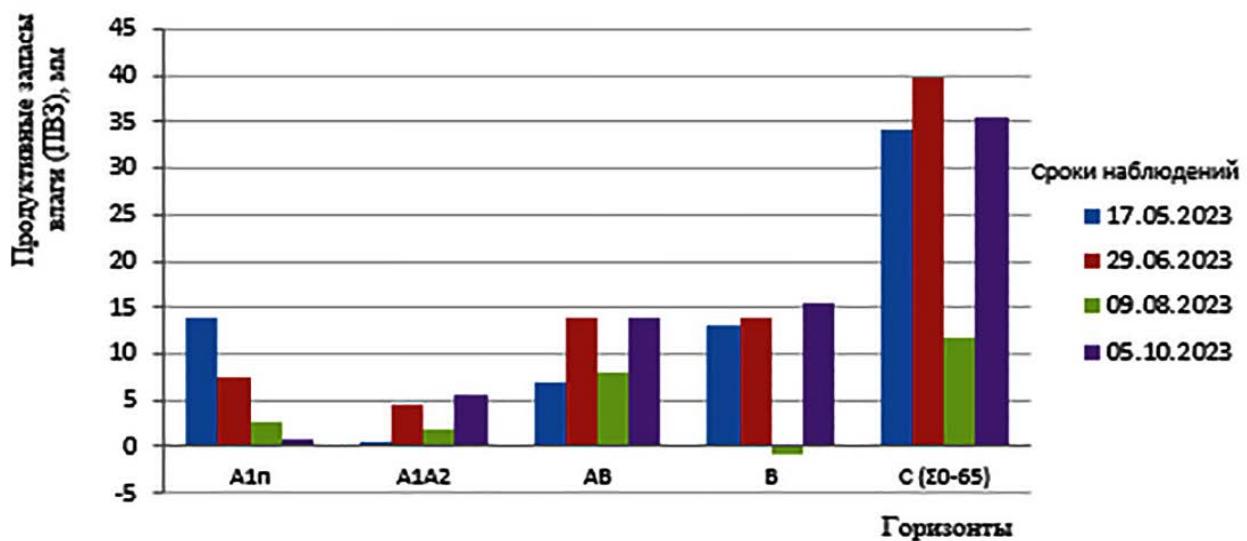
Таблица 4 – Сезонные изменения теплофизических коэффициентов серой лесной почвы в агроценозе ирисов в 2023 г.

| Горизонт | Влажность (U), % | Объемная теплоемкость (C _p), 10 ⁶ Дж/(м ³ ·К) | Температуропроводность (a), 10 ⁻⁶ м ² /с | Теплопроводность (λ), Вт/(м·К) |
|-----------------------------|------------------|---|--|--------------------------------|
| <i>17 мая</i> | | | | |
| A _{1п} | 7,35 | 2,13 | 0,64 | 1,41 |
| A _{1A₂} | 6,20 | 2,08 | 0,63 | 1,38 |
| AB | 7,06 | 2,12 | 0,64 | 1,40 |
| B | 9,51 | 2,24 | 0,64 | 1,50 |
| C | 1,76 | 1,85 | 0,60 | 1,22 |
| <i>29 июня</i> | | | | |
| A _{1п} | 8,97 | 2,21 | 0,64 | 1,45 |
| A _{1A₂} | 9,50 | 2,24 | 0,64 | 1,47 |
| AB | 9,40 | 2,24 | 0,64 | 1,46 |
| B | 9,87 | 2,26 | 0,64 | 1,48 |
| C | 6,22 | 2,08 | 0,63 | 1,38 |
| <i>9 августа</i> | | | | |
| A _{1п} | 6,86 | 2,11 | 0,63 | 1,40 |
| A _{1A₂} | 7,39 | 2,13 | 0,64 | 1,41 |
| AB | 7,38 | 2,13 | 0,64 | 1,41 |
| B | 3,51 | 1,94 | 0,61 | 1,29 |
| C | 3,00 | 1,92 | 0,61 | 1,27 |
| <i>5 октября</i> | | | | |
| A _{1п} | 11,37 | 2,33 | 0,64 | 1,51 |
| A _{1A₂} | 10,32 | 2,28 | 0,64 | 1,49 |
| AB | 9,48 | 2,24 | 0,64 | 1,47 |
| B | 10,59 | 2,29 | 0,64 | 1,49 |
| C | 8,63 | 2,20 | 0,64 | 1,44 |

HCP_{U,0,5} > F_φ = 3,8 %; HCP_{C_p} > F_φ = 3,4 %; HCP_{α,0,5} > F_φ = 2,9 %; HCP_{λ,0,5} > F_φ = 4,6 %.

Анализ данных показывает, что почва вышла из зимы с малым запасом влаги. Особенно заметно это в оподзоленном горизонте, в котором продуктивные запасы влаги оказались нулевыми (рис. 1). В целом в слое 0–65 см для оптимального развития растений, чтобы увлажнение было на уровне «хорошего», должно содержаться 106 мм влаги. Но реальное количество воды в

нашем случае равно 34,3 мм, хотя даже для супеси этого недостаточно. Также и в пахотном горизонте накоплено только 13,8 мм, что соответствовало уровню «удовлетворительных» продуктивных запасов влаги. К концу июня влагозапасы в 65-сантиметровом слое возросли на 5 мм, а в августе упали до 11,7 мм, то есть до состояния «плохих». Только к началу октября все вернулось к исходному увлажнению.



**Рисунок 1 – Продуктивные запасы влаги
в профиле серой лесной почвы летом 2023 г.**

В соответствии с этим динамично изменялись в течение вегетации и теплофизические коэффициенты. Так, пределы варьирования объемной теплоемкости в мае составили 21,0 %, в июне – 8,7 в августе – 10,9 и, наконец, в начале октября – 5,9 %. Температуропроводность серой почвы практически оставалась постоянной и соответствовала $0,64 \times 10^{-6}$ м²/с. Значительные изменения этого показателя возможны только в более широком диапазоне увлажнения. Коэффициент теплопроводности также был подвержен слабым колебаниям: май – 23,0 %, июнь – 7,2, август – 11,0 и октябрь – 4,8 %.

Заключение. В 2023 г. почва вышла из-под зимы с низким влагосодержанием. Так, в пахотном горизонте было накоплено только 13,8 мм, что соответствовало уровню «удовлетворительных» продуктивных запасов влаги (по

Агрономия и экология: новые решения для устойчивого сельского хозяйства

шкале А. Ф. Вадюниной). При этом в оподзоленном горизонте они оказались нулевыми. К концу июня количество продуктивной влаги в 65-сантиметровом слое возросло только на 5 мм, а в августе вновь упало до 11,7 мм, то есть до состояния «плохих». Только к началу октября все вернулось к исходному увлажнению.

В соответствии с увлажнением динамично изменялись в течение вегетации и теплофизические коэффициенты. Так, пределы варьирования объемной теплоемкости в мае составили 21,0 %, в июне 8,7, в августе 10,9 и, наконец, в начале октября 5,9 %. Температуропроводность серой почвы оставалась постоянной и равной $0,64 \times 10^{-6}$ м²/с. Коэффициент теплопроводности также был подвержен слабым колебаниям.

Список источников

1. Бородич Г. С., Белякова Л. И. Особенности агротехники бородатых ирисов в связи с их физиологией. Минск : Колоград, 2018. 96 с.
2. Долганова З. В. Биология и интродукция цветочно-декоративных корневищных многолетников в Западной Сибири. Новосибирск : Сибирское отделение Российской академии сельскохозяйственных наук, 2002. 232 с.
3. Воронин В. Д. Структурно-функциональная агрофизика почв. М. : Московский государственный университет, 1984. 203 с.
4. Болотов А. Г., Макарычев С. В., Левин А. А. Автоматизированная система для исследования теплофизических характеристик почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2002. № 3 (7). С. 20–22.
5. Макарычев С. В. Теплофизические свойства почв Юго-Западной Сибири : автореф. дисс. ... докт. биолог. наук. М., 1993. 35 с.

References

1. Borodich G. S., Belyakova L. I. *Features of agrotechnics of bearded irises in connection with their physiology*, Minsk, Kolograd, 2018, 96 p. (in Russ.).
2. Dolganova Z. V. *Biology and introduction of flower-ornamental rhizomatous perennials in Western Siberia*, Novosibirsk, Sibirskoe otdelenie Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk, 2002, 232 p. (in Russ.).
3. Voronin V. D. *Structural and functional agrophysics of soils*, Moscow, Moskovskii gosudarstvennyi universitet, 1984, 203 p. (in Russ.).

*Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития
Материалы всероссийской научно-практической конференции*

4. Bolotov A. G., Makarychev S. V., Levin A. A. Automated system for studying thermophysical characteristics of soils. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2002;3(7):20–22 (in Russ.).

5. Makarychev S. V. Thermophysical properties of soils in Southwestern Siberia. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow, 1993, 35 p. (in Russ.).

© Макарычев С. В., Тихонова Т. В., 2025

Статья поступила в редакцию 02.04.2025; одобрена после рецензирования 15.05.2025; принята к публикации 09.07.2025.

The article was submitted 02.04.2025; approved after reviewing 15.05.2025; accepted for publication 09.07.2025.