

References

1. Gerasimov I.P. Opyt geneticheskoy diagnostiki pochv SSSR na osnove elementarnykh pochvennykh protsessov // Pochvovedenie. – 1975. – № 5. – S. 3-9.
2. Sudakov L.V. Vodnyy rezhim peschanykh pochv v lentochnykh borakh Priirtysh'ya // Pochvovedenie. – 1961. – № 5. – S. 32-36.
3. Panfilov V.P. Fizicheskie svoystva i vodnyy rezhim pochv Kulundinskoy stepi. – Novosibirsk: Nauka, 1973. – 258 s.
4. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody opredeleniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov. – M.: Vysshaya shkola, 1961. – 345 s.
5. Makarychev S.V. Osobennosti teplofizicheskogo sostoyaniya pakhotnykh vyshchelochnennykh chernozemov Priobya // Pochvovedenie. – 2007. – № 8. – S. 949-953.
6. Bolotov A.G. Opredelenie teplofizicheskikh svoystv pochv s ispolzovaniem sistem izmereniya ZETLab // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 12. – S. 48-50.
7. Mazirov M.A., Makarychev S.V. Teplofizika pochv: antropogennyy faktor. – Suzdal: Izd-vo Vladimirskiy NIISKh, 1997. – T. 2. – 186 s.



УДК 631.445.24.004.12(571.15)

Ю.В. Беховых, Е.Г. Сизов  
Yu.V. Bekhovych, Ye.G. Sizov

**ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ  
СЕВЕРО-ЗАПАДА БИЙСКО-ЧУМЫШСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ  
ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ УВЛАЖНЕНИИ**

**THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF GRAY FOREST SOILS  
OF NORTH-WEST BIYA-CHUMYSH UPLAND UNDER NATURAL MOISTENING**

**Ключевые слова:** серые лесные почвы, супесчаные почвы, суглинистые почвы, гранулометрический состав, теплофизические коэффициенты, объёмная теплоёмкость, теплопроводность.

Цель работы – определить теплофизические свойства серых лесных почв разного гранулометрического состава при естественном увлажнении. В ходе исследований решались задачи по изучению гранулометрического состава суглинистой и супесчаной разновидностей исследованных почв и распределению теплофизических коэффициентов по почвенному профилю в условиях естественного увлажнения. Объект исследований – супесчаная аллювиальная и близкая к среднесуглинистой разновидности серых лесных почв. Предметом исследований являлось изучение теплофизических коэффициентов серых лесных почв разного гранулометрического состава при естественном увлажнении. Определение гранулометрического состава почв проводилось с использованием общепринятых в почвоведении методик, а теплофизических свойств почв естественного сложения – в лабораторных условиях методом плоского нагревателя. Влажность почвенных образцов определялась термостатно-весовым методом. Исследования проводились на территории Косихинского лесхоза, расположенного в лесостепной климатической зоне Алтайского края в северо-западной части Бийско-Чумышской возвышенности. Первые наблюдения были проведены в третьей декаде мая, вторые – во второй декаде

июля, третьи – в первой декаде сентября. Выбор сроков исследований обусловлен наиболее характерными стадиями развития растений в период весна-осень и, как следствие, наиболее характерным состоянием увлажнённости почв для этих периодов. Исследования показали, что гранулометрический состав оказал влияние на распределение влаги в почвенных профилях. Процентное содержание влаги в суглинистой разновидности серой лесной почвы в течение всего периода весна-осень было выше, чем в супесчаной. Изменение теплофизических характеристик серых лесных почв происходило синхронно с изменением влажности почвенных горизонтов. Коэффициент объёмной теплоёмкости на метровой глубине в течение всего периода изменялся незначительно.

**Keywords:** gray forest soils, sandy soils, sandy loam soils, particle-size composition, thermophysical coefficients, volumetric thermal capacity, thermal conductivity.

The research goal was to determine the thermophysical properties of gray forest soils of different particle-size composition under natural moistening. The research objectives included the study of particle-size composition of loamy and sandy loam varieties of investigated soils and distribution of thermophysical coefficients through the soil profile under natural moistening. The research targets were sandy loam alluvial variety and close to medium loamy variety of gray forest soil. The thermophysical coefficients of gray forest soils of different particle-size

composition under natural moistening were studied. Conventional methods of soil science were used to determine the soil particle-size composition; the thermophysical properties of natural soils were determined in laboratory conditions by flat heater method. The moisture content of soil samples was determined by thermostat-weight method. The studies were carried out in the territory of the Kosikhinskiy forestry enterprise located in the forest-steppe climatic zone of the Altai Region in the north-western part of the Biya-Chumysh Upland. The first series of observations was conducted during the 3rd ten-days of May; the second series – during the 2nd ten-days of July; the third series – during the 1st ten-

days of September. The research timing was determined to the most characteristic stages of plant development in the spring-autumn period and, as a consequence, the most characteristic state of soil moistening. It was found that the particle-size composition affected the moisture distribution in soil profiles. Moisture percentage in the loamy variety of gray forest soil throughout the spring-autumn period was higher than that in the sandy loam variety. The change of the thermophysical characteristics of gray forest soils occurred synchronously with the change in the moisture content of the soil horizons. The coefficient of volumetric thermal capacity at one meter depth changed insignificantly throughout the period.

**Беховых Юрий Владимирович**, к.с.-х.н., доцент, каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: Phys\_asau@rambler.ru.

**Сизов Евгений Геннадьевич**, к.с.-х.н., доцент, каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: Phys\_asau@rambler.ru.

**Bekhovych Yuriy Vladimirovich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Physics, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: Phys\_asau@rambler.ru.

**Sizov Yevgeniy Gennadyevich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Physics, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: Phys\_asau@rambler.ru.

### Введение

В почвенном покрове Бие-Чумышской возвышенности серые и тёмно-серые лесные почвы занимают около 20% [1, 2]. В основном этот тип почв формируется под березовыми лесами с примесью осины и сосны и приурочен к склонам, логам, речным долинам [3]. В настоящее время осуществляется активное использование древесины этих лесов в хозяйственных нуждах. В результате происходят частичные или полные вырубki. Вывоз древесины приводит к уничтожению верхних, наиболее богатых гумусом, слоев почвы, образованию борозд, уплотнению почвы лесозаготовительной техникой [3]. Таким образом, претерпевают негативные трансформации не только лесные экосистемы, но и нарушается почвенное плодородие на территориях лесных вырубok.

Значительные площади серых лесных почв Бие-Чумышской возвышенности распаиваются. В результате длительного их использования почвы теряют своё плодородие. Содержание гумуса в старопашотных серых лесных почвах уменьшается, кроме того, происходит изменение их кислотности в сторону кислых и сильно кислых [4-6].

В связи с этим исследование свойств серых лесных почв Бие-Чумышской возвышенности является актуальной задачей.

**Целью** работы было определить теплофизические свойства серых лесных почв разного гранулометрического состава.

В ходе исследований решались **задачи** по изучению гранулометрического состава суглинистой и супесчаной разновидностей ис-

следованных почв и распределению теплофизических коэффициентов по почвенному профилю в условиях естественного увлажнения.

### Объекты и методы

Исследования проводились на территории Косихинского лесхоза, расположенного в лесостепной климатической зоне Алтайского края в северо-западной части Бийско-Чумышской возвышенности.

**Объектом** исследований были супесчаная аллювиальная и близкая к среднесуглинистой разновидности серых лесных почв.

**Предметом** исследований являлось изучение теплофизических коэффициентов серых лесных почв разного гранулометрического состава при естественном увлажнении. Определение гранулометрического состава почв проводилось с использованием общепринятых методик [7], а теплофизических свойств почв естественного сложения – в лабораторных условиях методом плоского нагревателя [8]. Влажность почвенных образцов устанавливалась термостатно-весовым методом [7].

### Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Разрез 1 (табл. 1) можно характеризовать как супесчаный, особенно верхние горизонты  $A_1$  (8-22 см),  $A_1A_2$  (22-56 см),  $A_2B$  (56-70 см) и почвообразующую породу (более 130 см), где количество частиц менее 0,01 мм достигает значений 13-15%. В этом разрезе выделяется иллювиальный горизонт В (70-95 см), в котором количество таких частиц составляет 40,8%.

Разрез 2 суглинистый. В верхней части до глубины 40 см близок к легкосуглинистому, горизонт В (38-70 см) тяжелосуглинистый, а нижележащие – среднесуглинистые.

Первые наблюдения были проведены в третьей декаде мая (табл. 2), вторые – во второй декаде июля (табл. 3), третьи – в первой декаде сентября (табл. 4). Выбор сроков исследований обусловлен наиболее характерными стадиями развития растений в период весна-осень и, как следствие, наиболее характерным состоянием увлажнённости почв для этих периодов.

Как показывают данные таблицы 2, в мае по всему почвенному профилю сугли-

нистой разновидности почв отмечается более высокая влажность по сравнению с супесчаным вариантом. Наиболее существенные различия в увлажнении наблюдаются в верхних горизонтах супесчаного и суглинистого разрезов серых лесных почв.

Объёмная теплоемкость является линейной функцией влажности и плотности, поэтому её значения были более высокими в плотном и достаточно влажном горизонте А<sub>1</sub>А<sub>2</sub> суглинистой почвы. Близкое значение теплоемкости зафиксировано в горизонте А<sub>2</sub>В супесчаного разреза, который оказался самым плотным из всех рассмотренных вариантов.

Таблица 1

Гранулометрический состав серых лесных почв

Глубина взятия образца, см	Размер фракции, мм; содержание, %							название почвы по гранулометрическому составу
	1-0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	менее 0,001 мм	сумма фракций менее 0,01 мм	
Разрез 1								
0-8	23,34	46,7	16,12	3,16	5,28	5,40	13,84	Супесчаная
8-22	24,16	52,08	9,96	0,76	7,92	5,12	13,80	Супесчаная
22-56	33,69	42,99	10,20	6,68	3,32	3,12	13,12	Супесчаная
56-70	20,01	49,07	9,40	2,08	6,16	13,28	21,52	Легкосугл.
70-95	5,49	22,19	31,52	5,16	7,84	27,80	40,80	Тяжелосугл.
95-130	10,09	33,91	28,44	0,92	6,56	20,08	27,56	Легкосугл.
>130	23,32	52,96	8,16	1,24	3,34	10,96	15,56	Супесчаная
Разрез 2								
0-4	1,30	30,62	39,12	7,28	9,80	11,88	28,96	Легкосугл.
4-21	0,70	29,98	41,56	9,32	8,80	9,64	27,76	Легкосугл.
21-38	0,44	34,48	38,52	3,48	11,80	11,28	26,56	Легкосугл.
38-70	0,46	18,22	37,80	0	18,56	24,96	43,52	Тяжелосугл.
70-120	0,46	39,10	29,04	4,16	7,64	19,60	31,40	Среднесугл
>120	0,41	37,83	31,40	4,72	6,80	18,84	30,36	Легкосугл.

Таблица 2

Влажность ( $U$ ), плотность ( $\rho$ ), объёмная теплоемкость ( $C_p$ ) и теплопроводность ( $\lambda$ ) почвы (третья декада мая)

Горизонт	А <sub>д</sub>	А <sub>1</sub>	А <sub>1</sub> А <sub>2</sub>	В/А <sub>2</sub> В	ВС
Березовый лес, суглинистая почва					
$U$ , %	47,4	31,5	31,2	21,0	23,0
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	1080	1052	1492	1364	1422
$C_p$ , 10 <sup>6</sup> Дж/м <sup>3</sup> К	3,178	2,349	3,713	2,847	3,101
$\lambda$ , Вт/м·К	1,443	1,388	1,868	не опр.	1,529
Березовый лес, супесчаная почва					
$U$ , %	18,5	21,3	17,4	18,9	17,4
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	971	1324	1450	1734	1538
$C_p$ , 10 <sup>6</sup> Дж/м <sup>3</sup> К	1,480	2,739	2,779	3,227	2,921
$\lambda$ , Вт/м·К	1,052	не опр.	2,137	1,910	не опр.

В таблице 2 представлены значения коэффициента теплопроводности по горизонтам исследуемых разновидностей почв. Теплопроводность в мае минимальна в супесчаном горизонте  $A_d$ , где почва была увлажнена слабее, чем в суглинистом. С глубиной теплопроводность, как правило, возрастала в обеих разрезах. Это связано с тем, что коэффициенты теплопередачи также зависят в первую очередь от влажности и плотности генетических горизонтов почвенных профилей.

Очередные наблюдения за тепловым состоянием и влажностью почвы были проведены во второй декаде июля (табл. 3). Наиболее влажным в это время оказался дерновый слой почвы на суглинистом участке. Немного меньшее количество влаги было зафиксировано в том же горизонте супесчаной разновидности почвы. Ниже лежащие слои почвы за счет транспирации в июле стали более иссушенными по сравнению с маем. Супесчаный профиль, обла-

дающий более существенной фильтрацией, чем суглинистый, содержал меньшее количество влаги.

Наиболее теплоемким в июле оказался горизонт  $A_1A_2$  суглинистой серой лесной почвы. Минимальное значение коэффициента объемной теплоемкости в этот период наблюдений было зафиксировано в дерновом горизонте супесчаной разновидности почвы.

Летние осадки и, как следствие, относительно высокие значения влажности почвенных горизонтов способствовали поддержанию высоких значений объемной теплоемкости.

Небольшие изменения влажности почвенных горизонтов с момента предыдущих исследований обеспечили близкие с майскими значения теплопроводности почв. Исключение составил горизонт  $A_1A_2$  супесчаного участка, где теплопроводность выросла на 24%.

Таблица 3

*Влажность ( $U$ ), плотность ( $\rho$ ), объемная теплоемкость ( $C_p$ ) и теплопроводность ( $\lambda$ ) серой лесной почвы (вторая декада июля)*

Горизонт	$A_d$	$A_1$	$A_1A_2$	$B/A_2B$	$BC$
Березовый лес, суглинистая почва					
$U, \%$	41,3	30,0	27,6	14,8	18,1
$\rho, \text{кг/м}^3$	1080	1052	1492	1364	1422
$C_p, 10^6 \text{Дж/м}^3\text{К}$	2,899	2,279	3,489	2,492	2,806
$\lambda, \text{Вт/м}\cdot\text{К}$	1,461	1,397	1,922	не опр.	1,420
Березовый лес, супесчаная почва					
$U, \%$	36,7	14,7	11,7	16,7	8,5
$\rho, \text{кг/м}^3$	971	1324	1450	1734	1538
$C_p, 10^6 \text{Дж/м}^3\text{К}$	2,223	2,370	2,434	3,072	2,349
$\lambda, \text{Вт/м}\cdot\text{К}$	1,180	не опр.	2,640	2,077	не опр.

Таблица 4

*Влажность ( $U$ ), плотность ( $\rho$ ), объемная теплоемкость ( $C_p$ ) и теплопроводность ( $\lambda$ ) серой лесной почвы (первая декада сентября)*

Горизонт	$A_d$	$A_1$	$A_1A_2$	$B/A_2B$	$BC$
Березовый лес, суглинистая почва					
$U, \%$	26,4	16,5	14,6	17,9	15,9
$\rho, \text{кг/м}^3$	1080	1052	1492	1364	1422
$C_p, 10^6 \text{Дж/м}^3\text{К}$	2,226	1,688	2,675	2,674	2,673
$\lambda, \text{Вт/м}\cdot\text{К}$	1,474	1,335	1,958	не опр.	1,377
Березовый лес, супесчаная почва					
$U, \%$	15,3	12,5	9,5	13,5	12,4
$\rho, \text{кг/м}^3$	971	1324	1450	1734	1538
$C_p, 10^6 \text{Дж/м}^3\text{К}$	1,350	2,250	2,297	2,833	2,598
$\lambda, \text{Вт/м}\cdot\text{К}$	1,146	не опр.	2,522	2,434	не опр.

В таблице 4 представлено распределение влажности, плотности, объемной теплоемкости и теплопроводности в почвенном профиле исследуемых разрезов серой лесной почвы в начале сентября. К этому времени в почвенном профиле наблюдается иссушение по сравнению с предыдущими наблюдениями. Сказался недостаток августовских осадков. Особенно сухими стали горизонты супесчаной почвы, где зафиксировано минимальное увлажнение в горизонте  $A_1A_2$  (9,5%). Качественное распределение влажности в профилях исследуемых почв в сентябре повторяет июльское, однако значения оказались снижены на 20-40%.

В условиях пониженного увлажнения в суглинистом и супесчаном разрезах серой лесной почвы к сентябрю сформировались самые низкие за весь период наблюдений значения коэффициента теплоаккумуляции. При этом теплоемкость на метровой глубине в течение всего периода наблюдений изменялась незначительно.

Максимальное увеличение значения коэффициента теплопроводности на момент исследований зафиксировано в горизонте  $A_2B$  супесчаного участка, в то время как в горизонте  $A_1A_2$  отмечено его снижение по сравнению с июлем.

#### Выводы

1. Гранулометрический состав оказал влияние на распределение влаги в почвенных профилях.

2. Процентное содержание влаги в суглинистой разновидности серой лесной почвы в течение всего периода весна-осень было выше, чем в супесчаной.

3. Изменение теплофизических характеристик серых лесных почв происходило синхронно с изменением влажности почвенных горизонтов.

4. Теплоемкость на метровой глубине в течение всего периода изменялась незначительно, тогда как в верхних горизонтах изменения были более динамичны.

#### Библиографический список

1. Почвы Алтайского края. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 382 с.
2. Бурлакова Л.М., Татаринцев Л.М., Рассыпнов В.А. Почвы Алтайского края: учебное пособие. – Барнаул: АСХИ, 1988. – 72 с.
3. Куприянов А.Н., Кругляков П.М. Влияние рубок на флористический состав берёзовых лесов / под ред. А.Н. Куприянова // Ботанические исследования Сибири и Казахстана: сб. науч. тр. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2004. – Вып. 10. – С. 15-31.

4. Иванов А.Н. Влияние дефеката на свойства, плодородие серых лесных почв Бие-Чумышского междуречья и урожайность сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2004. – 18 с.

5. Ступина Л.А. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от элементов плодородия серых лесных почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 8. – С. 10-13.

6. Трофимов И.Т., Иванов А.Н., Ступина Л.А. Серые лесные почвы Обь-Чумышского междуречья и повышение их плодородия: монография. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 135 с.

7. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

8. Лунин А.И. Импульсный метод определения теплофизических характеристик влажных материалов: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1972. – 139 с.

#### References

1. Pochvy Altayskogo kraja. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1959. – 382 s.
2. Burlakova L.M., Tatarintsev L.M., Rassypnov V.A. Pochvy Altayskogo kraja: uchebnoe posobie. – Barnaul: Izd-vo Alt.SKhl, 1988. – 72 s.
3. Kupriyanov A.N., Kruglyakov P.M. Vliyanie rubok na floristicheskiy sostav berezovykh lesov; pod. red. Kupriyanova // Botanicheskie issledovaniya Sibiri i Kazakhstana: sb. nauch. tr. – Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2004. – Vyp. 10. – S. 15-31.
4. Ivanov A.N. Vliyanie defekata na svoystva, plodorodie serykh lesnykh pochv Bie-Chumyshskogo mezhdurechya i urozhaynost selskokhozyaystvennykh kultur: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Barnaul, 2004. – 18 s.
5. Stupina L.A. Urozhaynost yarovoy pshenitsy v zavisimosti ot elementov plodorodiya serykh lesnykh pochv // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 8. – S. 10-13.
6. Trofimov I.T., Ivanov A.N., Stupina L.A. Serye lesnye pochvy Ob-Chumyshskogo mezhdurechya i povyshenie ikh plodorodiya: monografiya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2005. – 135 s.
7. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv. – M.: Agropromizdat, 1986. – 416 s.
8. Lunin A.I. Impulsnyy metod opredeleniya teplofizicheskikh kharakteristik vlazhnykh materialov: dis. ... kand. tekhn. nauk. – M.: 1972. – 139 s.