

# АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.436(571.15)

С.В. Макарычев  
S.V. Makarychev

## ОБЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-СРЕДНЕПОДЗОЛИСТЫХ СЛАБО ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

### GENERAL PHYSICAL AND THERMAL PROPERTIES OF SOD MEDIUM PODZOLIC SLIGHTLY DIFFERENTIATED SANDY LOAM SOILS OF THE ALTAI REGION

**Ключевые слова:** морфология, плотность, гидрологические константы, гранулометрический состав, теплоемкость, температуропроводность, теплопроводность, гумус.

Значительная часть Приобского плато и Центрально-Кулундинской депрессии Алтайского края занята дерново-подзолистыми почвами (боровыми песками), сформированными под сосновыми борами на древне-аллювиальных песках ложбин древнего стока. Объектом исследований явились дерново-среднеподзолистые слабо дифференцированные супесчаные почвы (боровые пески). Профиль этих почв по гранулометрическому составу супесчаный, с глубины 70 см переходящий в песок. Преобладает крупнопесчаная фракция, глинистых частиц очень мало. Наименьшая влагоемкость дернового слоя около 11% от веса почвы, в остальных горизонтах находится в пределах 5-9%. Плотность сложения генетических горизонтов с глубиной увеличивается с 811 до 1651 кг/м<sup>3</sup>. Удельная теплоемкость почв составляет 900-950 Дж/кг К. Максимум температуропроводности наблюдается при 7-10%-ной влажности. Боровые пески отличаются от более тяжелых по гранулометрическому составу почв высокой

реакцией на увлажнение. Диапазон активной температуропроводности достигает  $0,31 \times 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

**Keywords:** morphology, density, hydrological constants, particle-size composition, thermal capacity, thermal diffusivity, thermal conductivity, humus.

A significant part of the Priobskoye plateau and Central Kulunda depression of the Altai Region is occupied by sod-podzolic soils (sands of pine forests) formed under pine forests on the ancient alluvial sands of the ancient runoff valleys. The research targets were sod medium podzolic slightly differentiated sandy loam soils (pine forest sands). In terms of particle-size composition, these soils are sandy loam soils; sand begins at a depth of 70 cm. Coarse sand fraction prevails, and there are very few clay particles. The least moisture capacity of the sod layer is about 11% of the soil weight; in other horizons its value is within 5-9%. The bulk density of the genetic horizons increases with depth from 811 kg m<sup>3</sup> to 1651 kg m<sup>3</sup>. The specific thermal capacity of the soils makes 900-950 J kg K. The specific thermal diffusivity is observed at the moisture content of 7-10%. The pine forest sands differ from heavier soils by their high response to moisture. The range of active thermal diffusivity reaches  $0.31 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup> s.

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

**Makarychev Sergey Vladimirovich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

#### Введение

Значительная часть Приобского плато и Центрально-Кулундинской депрессии занята дерново-подзолистыми почвами (боровыми песками), сформированными под сосновыми борами на древнеаллювиальных песках ложбин древнего стока, рассекающих Алтайский край семью параллельными лентами, идущими с северо-востока на юго-запад.

Почвообразующими породами этих почв служат тонко и среднезернистые пески, содержащие в своем составе свыше 90% частиц более 0,5 мм и лишь 0,6-5,0% частиц глинистой фракции [1-2]. Они подстилаются на небольшой глубине пестрыми по гранулометрическому составу песчано-глинистыми отложениями.

Характерные для ложбин древнего стока аллювиальные отложения прослеживаются

и в области дельт этих ложбин, занимающих довольно обширные площади в юго-западной части Кулундинской степи. Мощность песчаной толщи различна и достигает 15-20 м [3]. Грунтовые воды залегают на глубине 2-4 м.

**Объекты и методы**

**Объектами** исследований явились дерново-подзолистые почвы (боровые пески). **Цель** – изучение общих физических и теплофизических свойств борových песков. **Методы** исследований общих физических и водно-физических показателей общепринятые в почвоведении [4]. Теплофизические коэффициенты определялись с помощью полевого цилиндрического зонда и лабораторной установки, основанной на импульсном режиме плоского нагревателя [5, 6].

**Результаты исследований**

Сосновый бор представлен древесными породами 60-70-летнего возраста. Подрост слабый, куртинами по 2-5 м<sup>2</sup>. Подлесок состоит из акации и березы, травостой хорошо развит.

Горизонт А<sub>0</sub>: 0-3 см, подстилка бурого цвета из слабообразовавшейся хвои, листьев и тонких веток.

А<sub>1</sub>: 3-13 см, дерновый, очень густо пронизан корнями травянистых растений и редкими корнями сосны, уплотнен, цвет светло-серый с белесоватостью в виде мелких пятен и отмытых кварцевых зерен. По окраинам белесых пятен видна охристоватая окраска, легкосуглинистый.

А<sub>1</sub>А<sub>2</sub>: 13-24 см, переход заметен по цвету, корней меньше, отчетливее белесоватость. В окраске зерен кварца увеличивается охристость. Уплотнен, сухой, супесчаный.

А<sub>2</sub>В: 24-38 см, охристо-буроватый, плотный, супесчаный, неоднородный. Осветленный, желтые пятна чередуются с более яркими охристо-буроватыми пятнами. Переход заметен по цвету и плотности.

В<sub>1</sub>: 38-73 см, осветленный, желтоват-палевый, однородный по составу мелкий песок, редкие корни сосны.

В<sub>2</sub>: 73-121 см, менее плотный. Отмытый палево-белесый песок. Переход в В<sub>3</sub> заметен по цвету и плотности.

В<sub>3</sub>: 121-160 см, неоднородный, охристый с осветленными белесово-палевыми прослойками или линзами, увлажнен. Бурые прослойки плотные, оруденелые, железистые.

С: более 160 см, физический песок.

В таблице 1 представлен гранулометрический состав борových песков.

С поверхности у борových песков залегает дерновый горизонт малой мощности 0-13 см слабосвязанного бесструктурного песка. Ниже расположен белесоватый бесструктурный, уплотненный подзолистый горизонт. Иллювиальный горизонт В начинается с глубины 38 см белесовато-палевого цвета с однородным по гранулометрическому составу мелким песком. Последний постепенно переходит в физический, не затронутый почвообразовательным процессом. Карбонатов нет. Иллювиальная толща выражена слабо, что связано, по всей вероятности, с особенностями почвообразующей породы, которая имеет аллювиальное происхождение с весьма слабым проявлением эллювиально-иллювиальных процессов.

Содержание гумуса незначительно, около 2% в дерновом горизонте, с глубиной оно падает до нуля.

В целом профиль борových песков по гранулометрическому составу супесчаный, с глубины 70 см переходящий в песок. Преобладает крупнопесчаная фракция (40-80% в отдельных горизонтах). Глинистых частиц очень мало (3-7%).

Легкий гранулометрический состав обусловил низкие значения гидрологических констант (табл. 2).

Наименьшая влагоемкость дернового слоя около 11% от веса сухой почвы, в остальных горизонтах находится в пределах 5-9%. Плотность сложения генетических горизонтов с глубиной увеличивается с 811 кг/м<sup>3</sup> в гор. А до 1651 кг/м<sup>3</sup> в гор. В<sub>2</sub>. Профиль борových песков отличается высокой порозностью аэрации (30-40% при НВ).

**Таблица 1**

*Гранулометрический состав дерново-среднеподзолистых почв (боровых песков), мм*

Горизонт	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
А <sub>1</sub>	31,29	29,61	21,37	4,88	6,18	7,17	17,73
А <sub>1</sub> А <sub>2</sub>	40,36	32,93	11,74	3,57	3,93	7,47	14,97
В <sub>1</sub>	79,05	6,86	3,64	5,23	1,55	3,71	10,45
В <sub>2</sub>	70,44	19,22	0,85	3,68	2,28	3,53	9,49
В <sub>3</sub>	39,99	37,56	5,81	2,57	5,48	11,59	19,64
С	66,79	22,73	2,54	0,47	1,87	5,66	7,94

Таблица 2

Общие физические и водно-физические свойства борových песков

Горизонт	Глубина, см	Плотность, кг/см <sup>3</sup>	Порозность, %	МГ, %	ВЗ, %	НВ, %
A <sub>1</sub>	3-13	0,811	68,0	2,06	2,76	11,44
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	13-23	1276	50,0	1,46	1,96	9,59
B <sub>1</sub>	50-60	1463	45,0	0,40	0,54	6,31
B <sub>2</sub>	78-88	1451	45,0	0,30	0,40	5,65
B <sub>3</sub>	125-135	1651	38,0	2,23	2,99	10,93
C	170-180	1554	42,0	0,18	0,24	6,43

Таблица 3

Средние значения теплопроводности ( $\lambda$ , Вт/м К), объемной теплоемкости ( $C_{\square}$ , 10<sup>6</sup> Дж/м<sup>3</sup> К) и температуропроводности ( $\alpha$ , 10<sup>6</sup> м<sup>2</sup>/с) при влажности завядания ( $v_z$ ) и наименьшей влагоемкости ( $n_b$ )

$\lambda_{v_z}$	$C_{\square v_z}$	$\alpha_{v_z}$	$\lambda_{n_b}$	$C_{\square n_b}$	$\alpha_{n_b}$	$\alpha_{0,7 n_b}$
0,671	1,327	0,506	1,345	1,648	0,816	0,684

Удельная теплоемкость дерново-подзолистых почв составляет 900-950 Дж/кг К. Средние значения теплофизических коэффициентов почвенного профиля при некоторых гидроконстантах приведены в таблице 3.

Максимум температуропроводности в борových песках имеет место при 7-10% от веса почвы, что близко или несколько выше наименьшей влагоемкости. Такая приуроченность экстремального значения температуропроводности к наименьшей влагоемкости является следствием того, что в борových песках преобладают крупные поры, которые составляют 75-80% общей порозности [7]. В песчаной подстилающей породе количество крупных пор, не способных удерживать влагу, еще выше (85-87%), что обеспечивает дискретное состояние почвенной влаги во всем интервале естественного увлажнения почвы.

При НВ в супесчаных горизонтах обводнено 20-44% пор, а в песчаных — 12-22%. Поэтому в борových песках наиболее благоприятные условия для теплопередачи создаются при увлажнении, равном или большем наименьшей влагоемкости. При этом пародиффузионный механизм теплообмена существенно увеличивает кондуктивную теплопередачу.

Борových пески отличаются от более тяжелых по гранулометрическому составу почв высокой реакцией на увлажнение. Диапазон активной температуропроводности (ДАТ) высок и достигает 0,31x10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с. Оптимальная для борových песков температуропроводность наблюдается при НВ и равна 0,75x10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с.

**Выводы**

1. В целом профиль борových песков по гранулометрическому составу супесчаный,

с глубины 70 см переходящий в песок. Преобладает крупнопесчаная фракция.

2. Наименьшая влагоемкость дернового слоя около 11% от веса сухой почвы. Плотность сложения генетических горизонтов с глубиной увеличивается с 811 до 1651 кг/м<sup>3</sup>.

3. Удельная теплоемкость дерново-подзолистых почв составляет 900-950 Дж/кг К.

4. Максимальная температуропроводность почв наблюдается при 7-10%-ной влажности, что соответствует наименьшей влагоемкости.

**Библиографический список**

1. Герасимов И.П. Опыт генетической диагностики почв СССР на основе элементарных почвенных процессов // Почвоведение. — 1975. — № 5. — С. 3-9.
2. Судаков Л.В. Водный режим песчаных почв в ленточных борах Прииртышья // Почвоведение. — 1961. — № 5. — С. 32-36.
3. Панфилов В.П. Физические свойства и водный режим почв Кулундинской степи. — Новосибирск: Наука, 1973. — 258 с.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы определения физических свойств почв и грунтов. — М.: Высшая школа, 1961. — 345 с.
5. Макарычев С.В. Особенности теплофизического состояния пахотных выщелоченных черноземов Приобья // Почвоведение. — 2007. — № 8. — С. 949-953.
6. Болотов А.Г. Определение теплофизических свойств почв с использованием систем измерения ZETLab // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2012. — № 12. — С. 48-50.
7. Мазиров М.А., Макарычев С.В. Теплофизика почв: антропогенный фактор. — Суздаль: Изд-во Владимирского НИИСХ, 1997. — Т. 2. — 186 с.

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 Kulundinskoj 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 vyshchelochnykh 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