

5. Даербаяв А.А. Микроэлементы марганец, медь и молибден в солонцовых почвах Омской области: автореф. дис. ...

канд. с.-х. наук / А.А. Даербаяв. – Иркутск, 1970. – 27 с.



УДК 631.445.24.004.12(571.15)

Ю.В. Беховых,  
А.Г. Болотов,  
Е.Г. Сизов

## ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ЛЕСНЫХ ПОЧВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

**Ключевые слова:** теплофизические свойства почв, теплоёмкость, теплопроводность, температуропроводность.

### Введение

По природным условиям Алтайский край относится к малолесным регионам, в то же время его лесные экосистемы отличаются большим разнообразием по составу пород, продуктивности, строению, возрастной структуре насаждений. Земли лесного фонда занимают 26% от всех земель края [1]. Леса Алтайского края являются богатым источником древесины: сосны, березы, осины. Неоценима роль лесов в предотвращении водной и ветровой эрозии почвы, в регулировании климата и водного баланса территории края.

За исключением малоизученных таёжных почв Салаира почвенный покров лесных областей края представлен главным образом дерново-подзолистыми почвами, сформированными под ленточными борами и серыми лесными почвами березовых лесов Обь-Чумышского междуречья.

Формирование температурных полей в почве определяется её теплофизическими свойствами, которые являются функциями целого ряда почвенно-физических факторов: влажности, гранулометрического состава, плотности, порозности, содержания органического вещества. Поэтому изучение теплофизических свойств почв во взаимосвязи с их генетическими особенностями, характером и степенью увлажнения, уплотнения и аэрации почвенного профиля необходимо для характеристики

почв и прогноза гидротермических режимов почвенных горизонтов.

### Объект и методы исследований

Объектом наших исследований были дерново-подзолистые почвы ленточных боров и серые лесные почвы, сформированные под березовыми лесами Обь-Чумышского междуречья.

Предметом исследований являлось изучение особенностей теплофизических характеристик указанных типов почв.

Определение теплофизических свойств почв проводились в лабораторных условиях с использованием метода плоского нагревателя [2]. Влажность определялась методом термостатной сушки [3].

### Результаты исследований

Физические и теплофизические характеристики дерново-подзолистых почв ленточных боров Алтайского края были исследованы довольно подробно ранее [4-6]. Резюмируя данные работы, можно сделать вывод о том, что свойства дерново-подзолистых почв, сформированных в различных климатических зонах могут сильно отличаться по абсолютным значениям. Однако качественный характер изменения теплофизических характеристик исследованных почв одинаков.

Результаты исследования теплофизических свойств дерново-подзолистых почв зон засушливой и сухой степей Алтайского края при увлажнении, соответствующем почвенно-гидрологическим константам представлены в таблице 1.

Таблица 1

Температуропроводность ( $a$ ), объёмная теплоёмкость ( $C_p$ ), теплопроводность ( $\lambda$ ) дерново-подзолистой почвы юго-западной части ленточных боров Алтайского края (числитель – зона засушливой степи, знаменатель – зона сухой степи)

Глубина, см	Значения теплофизических характеристик					
		Абсолютно сухая	МГ	ВЗ	НВ	ГВ
0-10	$a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	<u>0,28</u> 0,38	<u>0,35</u> 0,61	<u>0,37</u> 0,69	<u>0,59</u> 1,05	<u>не опр.</u> 0,95
	$C_p, 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	<u>0,71</u> 1,44	<u>0,81</u> 1,50	<u>0,82</u> 1,51	<u>1,00</u> 1,75	<u>не опр.</u> 3,25
	$\lambda, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	<u>0,20</u> 0,54	<u>0,25</u> 0,79	<u>0,28</u> 0,90	<u>0,55</u> 1,50	<u>0,70</u> 2,90
30-40	$a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	<u>0,20</u> 0,45	<u>0,21</u> 0,61	<u>0,25</u> 0,70	<u>0,38</u> 1,12	<u>не опр.</u> 0,66
	$C_p, 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	<u>1,25</u> 1,57	<u>1,27</u> 1,61	<u>1,28</u> 1,70	<u>1,48</u> 1,85	<u>не опр.</u> 3,40
	$\lambda, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	<u>0,30</u> 0,70	<u>0,32</u> 0,91	<u>0,34</u> 1,00	<u>0,60</u> 2,00	<u>0,95</u> 2,61
50-60	$a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	<u>0,17</u> 0,29	<u>0,18</u> 0,32	<u>0,19</u> 0,37	<u>0,33</u> 0,70	<u>не опр.</u> 0,28
	$C_p, 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	<u>1,57</u> 1,64	<u>1,62</u> 1,70	<u>1,63</u> 1,71	<u>1,74</u> 1,91	<u>не опр.</u> 3,45
	$\lambda, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	<u>0,28</u> 0,48	<u>0,29</u> 0,51	<u>0,30</u> 0,52	<u>0,53</u> 1,13	<u>1,15</u> 1,51
90-100	$a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	<u>0,15</u> 0,40	<u>0,15</u> 0,44	<u>0,15</u> 0,58	<u>0,29</u> 0,98	<u>не опр.</u> 0,60
	$C_p, 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	<u>1,95</u> 1,58	<u>1,99</u> 1,65	<u>2,00</u> 1,68	<u>2,30</u> 1,86	<u>не опр.</u> 3,31
	$\lambda, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	<u>0,29</u> 0,62	<u>0,30</u> 0,65	<u>0,31</u> 0,75	<u>0,67</u> 1,70	<u>1,25</u> 2,35

Из анализа данных таблицы 1 следует, что коэффициенты теплопередачи дерново-подзолистой почвы сухостепной зоны имеют существенно (в 2-2,5 раза) более высокие абсолютные значения по сравнению с соответствующими характеристиками почвы зоны засушливой степи для всего почвенного профиля. Значения коэффициента теплоаккумуляции (объёмной теплоёмкости) имеют заметные различия только для верхнего гумусового горизонта. В слое 0-10 см объёмная теплоёмкость почвы зоны засушливой степи меньше объёмной теплоёмкости зоны сухой степи почти в два раза при одних и тех же почвенно-гидрологических постоянных.

Исследованные нами разновидности серых лесных почв в силу своего происхождения имеют различный гранулометрический состав. Разрез 1 можно характеризовать как супесчаный, особенно верхние горизонты  $A_1$ ,  $A_1A_2$ ,  $A_2B$  и подстилающую породу, где количество час-

тиц менее 0,01 мм лежит в пределах 13-15%. В этом разрезе выделяется иллювиальный горизонт В, в котором количество таких частиц составляет 40,8%.

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

Плотность в этих разрезах варьирует в широких пределах (табл. 2). Так, в первом разрезе в горизонте  $A_d$  она имеет значение 971 кг/м<sup>3</sup>, а с глубиной увеличивается до 1538 кг/м<sup>3</sup>. Здесь особенно выделяется иллювиальный горизонт В, в котором плотность достигает 1734 кг/м<sup>3</sup>. Во втором разрезе плотность с глубиной возрастает более равномерно от 1080 кг/м<sup>3</sup> в горизонте  $A_d$  до 1422 кг/м<sup>3</sup> в горизонте ВС.

Плотность твердой фазы и в супесчаном и суглинистом разрезах колеблется незначительно.

В целом, порозность в дерновом горизонте супесчаной почвы имеет более вы-

сокие показатели, чем в суглинистой. Минимальное значение эта величина приобретает также в аномально плотном горизонте А<sub>2</sub>В супесчаного разреза 1.

Влажность является наиболее существенным фактором, который в естественных условиях формирует комплекс теплофизических характеристик почвы.

В таблице 3 приведены водно-физические постоянные серой лесной почвы различного гранулометрического состава. Наименьшие значения гидроконстант отмечены в супесчаном разрезе.

В абсолютно сухом состоянии объемная теплоемкость минимальна в верхнем гумусовом горизонте, особенно в супесчаной почве (табл. 4, 5). Это обусловлено, прежде всего, невысокой плотностью и низким содержанием теплоемкого ор-

ганического вещества. С глубиной теплоемкость серой лесной почвы закономерно увеличивается. Наиболее теплоемким оказывается самый плотный горизонт А<sub>2</sub>В разреза 1. В целом профиль супесчаной серой лесной почвы более теплоемкий, чем суглинистой (табл. 5).

Температуропроводность генетических горизонтов в абсолютно сухом состоянии определяется плотностью, порозностью и составом почвенных пор. В супесчаном разрезе она максимальна в верхнем дерновом горизонте, где плотность сложения минимальна, а порозность максимальна по своим значениям. С глубиной по мере изменения гранулометрического состава и увеличения плотности температуропроводность снижается, особенно сильно в суглинистом уплотненном горизонте А<sub>2</sub>В.

Таблица 2

Физические свойства серых лесных почв Обь-Чумышского междуречья

Горизонт	Глубина, см	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Плотность твердой фазы, кг/м <sup>3</sup>	Порозность, %	Гумус, %	Частицы <0,01, мм
Супесчаная почва						
А <sub>д</sub>	0-8	971	2600	62,65	3,8	13,84
А <sub>1</sub>	8-22	1324	2650	50,04	2,0	13,80
А <sub>1</sub> А <sub>2</sub>	22-56	1450	2650	45,28	1,6	13,12
А <sub>2</sub> В	56-70	1734	2650	34,57	2,0	21,52
В	70-95	1497	2650	43,51	0,8	40,80
ВС	95-130	1538	2650	41,96	0,3	27,56
Суглинистая почва						
А <sub>д</sub>	0-4	1080	2600	58,46	6,1	28,96
А <sub>1</sub>	4-21	1052	2600	59,54	3,8	27,76
А <sub>1</sub> А <sub>2</sub>	21-38	1492	2650	43,70	1,9	26,56
В	38-70	1364	2700	49,48	2,1	43,52
ВС	70-120	1422	2700	47,33	1,5	31,40

Таблица 3

Водно-физические постоянные серых лесных почв (% от массы)

Глубина	МГ	(1,35 МГ) ВЗ	(0,7 НВ) ВРК	НВ	ПВ
Супесчаная почва					
0-8	2,59	3,50	6,57	9,38	64,53
8-22	1,66	2,24	5,82	8,31	37,79
22-56	0,88	1,19	5,28	7,54	31,23
56-70	2,94	3,97	8,61	12,30	19,93
70-95	8,36	11,29	16,72	23,89	29,06
95-130	5,79	7,82	13,03	18,62	27,28
>130	2,55	3,44	7,25	10,35	
Суглинистая почва					
0-4	4,67	6,30	12,34	17,63	54,13
4-21	4,25	5,74	11,93	17,04	56,6
21-38	4,37	5,91	11,87	16,95	33,56
38-70	8,23	11,12	17,01	24,30	36,28
70-120	5,93	8,00	13,40	19,15	33,29
>120	5,84	7,88	13,36	19,09	

В суглинистом разрезе дерновый горизонт более плотный, чем в супесчаном. Однако в нем содержится заметно больше гумуса, поэтому температуропроводность дернового горизонта в этом разрезе закономерно ниже (табл. 2, 5).

При переходе от гумусового горизонта к почвообразующей породе теплопроводность, как правило, возрастает (табл. 4, 5). Особенно наглядно это видно в однородном по гранулометрическому составу суглинистом разрезе серой лесной почвы, в котором теплопроводность является функцией плотности сложения генетических горизонтов и содержания в них органического вещества. В более сложном по гранулометрическому составу супесчаном разрезе имеются особенности распределения коэффициента теплопроводности в различных горизонтах.

Объемная теплоемкость при увлажнении линейно увеличивается. Наиболее сильный рост отмечается в более плотных генетических горизонтах. В супесчаном разрезе близки по значениям теплоемкости верхние гумусовые горизонты  $A_d$  и  $A_{11}$ , а также горизонты  $A_1A_2$  и  $BC$ .

Увлажнение вызывает резкий рост температуропроводности. При этом до некоторого значения влажности она увеличивается, а затем следует ее снижение.

В горизонтах разного гранулометрического состава эта влажность может быть различной. В легких супесчаных слоях почвы она близка к НВ, в суглинистых – к ВРК.

Теплопроводность при водонасыщении резко увеличивается, но при достижении указанных выше границ влажности (в супесчаных слоях почвы – НВ, в суглинистых – ВРК) ее рост замедляется, достигая «насыщения». Наибольший рост теплопроводности испытывают наиболее плотные генетические горизонты серой лесной почвы. В таблицах 4 и 5 приведены значения теплофизических коэффициентов при различных гидроконстантах. Наиболее динамично изменяется температуропроводность супесчаных почвенных горизонтов. В наименее плотном горизонте  $A_d$  супесчаной почвы эти изменения достигают 100%. В менее гумусированном горизонте  $A_1A_2$  более 200%.

Можно отметить, что при всех гидроконстантах в суглинистом профиле температуропроводность нижележащих горизонтов оказывается меньше, чем верхних, менее плотных. В супесчаном разрезе имеет место некоторый разброс, обусловленный неоднородностью гранулометрического состава.

Таблица 4

Значения теплофизических коэффициентов в серых лесных почвах супесчаной разновидности при различных гидроконстантах (объемная теплоемкость ( $c_p$ ), температуропроводность ( $a$ ), теплопроводность ( $\lambda$ ))

Теплофизические характеристики	Абсолютно сухая	МГ	(1,35 МГ) ВЗ	(0,7 НВ) ВРК	НВ	ПВ
$A_d$ (0-8 см)						
$c_p \cdot 10^6$ , Дж/(м <sup>3</sup> ·К)	0,729	0,834	0,871	0,996	1,111	3,354
$\alpha \cdot 10^{-6}$ , м <sup>2</sup> /с	0,350	0,812	0,88	1,147	1,215	0,472
$\lambda$ , Вт/(м·К)	0,255	0,677	0,767	1,142	1,349	1,583
$A_1A_2$ (22-56 см)						
$c_p \cdot 10^6$ , Дж/(м <sup>3</sup> ·К)	1,723	1,776	1,795	2,043	2,181	3,620
$\alpha \cdot 10^{-6}$ , м <sup>2</sup> /с	0,305	0,5	0,576	0,987	1,076	0,492
$\lambda$ , Вт/(м·К)	0,525	0,888	1,034	2,017	2,347	1,781
$A_2B$ (56-70 см)						
$c_p \cdot 10^6$ , Дж/(м <sup>3</sup> ·К)	1,856	2,070	2,144	2,482	2,750	3,304
$\alpha \cdot 10^{-6}$ , м <sup>2</sup> /с	0,260	0,76	0,86	0,988	0,912	0,567
$\lambda$ , Вт/(м·К)	0,483	1,573	1,844	2,452	2,508	1,873
$B$ (70-95 см)						
$c_p \cdot 10^6$ , Дж/(м <sup>3</sup> ·К)	1,768	2,292	2,476	2,817	3,266	3,591
$\alpha \cdot 10^{-6}$ , м <sup>2</sup> /с	0,233	0,768	0,714	0,669	0,615	0,593
$\lambda$ , Вт/(м·К)	0,412	1,760	1,768	1,884	2,009	2,129

Примечание.  $HC_{p,0,95} = 2,24\%$ ,  $HC_{\alpha,0,95} = 3,67\%$ ,  $HC_{\lambda,0,95} = 3,89\%$ .

Значения теплофизических коэффициентов в серых лесных почвах суглинистой разновидности при различных гидроконстантах (объемная теплоемкость ( $c_p$ ), температуропроводность ( $\alpha$ ), теплопроводность ( $\lambda$ ))

Теплофизические характеристики	Абсолютно сухая	МГ	(1,35 МГ) ВЗ	(0,7 НВ) ВРК	НВ	ПВ
$A_d$ (0-4 см)						
$C_p \cdot 10^6$ , Дж/(м <sup>3</sup> ·К)	1,031	1,243	1,317	1,590	1,829	3,481
$\alpha \cdot 10^{-6}$ , м <sup>2</sup> /с	0,32	0,746	0,792	0,837	0,781	0,413
$\lambda$ , Вт/(м·К)	0,699	0,927	1,043	1,331	1,429	1,438
$A_1$ (4-21 см)						
$C_p \cdot 10^6$ , Дж/(м <sup>3</sup> ·К)	0,958	1,146	1,211	1,484	1,710	3,453
$\alpha \cdot 10^{-6}$ , м <sup>2</sup> /с	0,336	0,734	0,795	0,837	0,78	0,398
$\lambda$ , Вт/(м·К)	0,491	0,841	0,963	1,242	1,334	1,374
$A_1, A_2$ (21-38 см)						
$C_p \cdot 10^6$ , Дж/(м <sup>3</sup> ·К)	1,763	2,037	2,133	2,505	2,823	3,595
$\alpha \cdot 10^{-6}$ , м <sup>2</sup> /с	0,270	0,753	0,789	0,76	0,703	0,526
$\lambda$ , Вт/(м·К)	0,947	1,534	1,683	1,904	1,985	1,891
$BC$ (70-120 см)						
$C_p \cdot 10^6$ , Дж/(м <sup>3</sup> ·К)	1,728	2,081	2,204	2,526	2,868	3,711
$\alpha \cdot 10^{-6}$ , м <sup>2</sup> /с	0,299	0,493	0,52	0,528	0,502	0,469
$\lambda$ , Вт/(м·К)	0,517	1,026	1,146	1,334	1,440	1,740

Примечание.  $HCP_{0,95}C_p=2,24\%$ ,  $HCP_{0,95}\alpha=3,67\%$ ,  $HCP_{0,95}\lambda=3,76\%$ .

Теплопроводность серой лесной почвы как супесчаной, так и суглинистой разновидностей при различных гидрологических постоянных также определяется в первую очередь плотностью сложения генетических горизонтов (табл. 4, 5).

Особенности изменения тепло- и температуропроводности дерново-подзолистой и серой лесной почв можно объяснить, проанализировав почвенно-физические показатели, а также качественный состав почвенных пор и характер их обводнения.

Известно, что в дерново-подзолистой супесчаной почве преобладают крупные поры, которые, судя по порозности аэрации при НВ, составляют 76-80% общей порозности, а в песчаных горизонтах количество крупных пор, не способных удерживать влагу, еще больше (85-87% от общей порозности), что обеспечивает дискретное состояние почвенной влаги во всем интервале естественного увлажнения почвы [7]. При НВ в супесчаных горизонтах обводнено 20-44% пор, а в песчаных – 12-23%. Поэтому в дерново-подзолистой почве наиболее благоприятные условия для теплопередачи создаются при увлажнении, равном НВ и выше. В этих условиях пародиффузный механизм теплообмена будет существенно увеличивать эффективное значение тепло- и температуропроводности. В нижних, более

плотных горизонтах паропроницаемость уменьшается, что приводит к резкому замедлению роста теплопроводности.

В серых лесных почвах теплоперенос наиболее полно проявляется при увлажнении в интервале от влажности завядания до влажности разрыва капиллярных связей. В этом случае в почве обводнено 40-60% пор, и вся влага активно участвует в контактной теплопроводности, кроме того, не возникает помех и для пародиффузионного теплопереноса.

Дальнейшее повышение почвенной влажности – от НВ и выше в дерново-подзолистой почве и от ВРК до НВ в серой лесной почве, а вместе с тем уменьшение объема паровоздухоносных пор в почве приводит к уменьшению паропроницаемости, что замедляет рост тепло- и температуропроводности. В верхних гумусовых слоях, а также в горизонтах с меньшей плотностью и большим объемом крупных пор затухающий эффект тепло- и температуропроводности почвы с ростом влажности выражен слабее, чем в плотных и тонкопористых по сложению горизонтах. Причем наиболее резко замедляется рост этих коэффициентов в профиле дерново-подзолистой почвы.

### Выводы

В дерново-подзолистой почве наиболее благоприятные условия для теплопередачи

создаются при увлажнении, равном НВ и выше.

В серых лесных почвах теплоперенос наиболее полно проявляется при увлажнении в интервале от влажности завядания (ВЗ) до влажности разрыва капиллярных связей (ВРК).

#### Библиографический список

1. <http://www.doc22.ru/facts/statistics/587--2005-2009> [Электронный ресурс].
2. Болотов А.Г. Определение теплофизических свойств капиллярно-пористых тел импульсным методом с использованием технологии визуального программирования / А.Г. Болотов, Ю.В. Беховых, Г.А. Семёнов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 6. – С. 37-40.
3. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
4. Макарычев С.В. Теплофизические свойства дерново-подзолистых и серых лесных почв Алтайского края / С.В. Макарычев, Л.М. Татаринцев, Л.Н. Макарычева // Земледельно-оценочные проблемы и рациональное использование земли в Алтайском крае: сб. научных трудов. – Барнаул, 1986. – С. 150-159.
5. Теплофизическое состояние почв Алтая в условиях антропогенеза / Ю.В. Беховых [и др.]; под ред. С.В. Макарычева. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. – 362 с.
6. Беховых Ю.В. Сравнительный анализ физических и теплофизических свойств дерново-подзолистых почв ленточных боров Алтайского края в зонах засушливой и сухой степи / Ю.В. Беховых // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 9. – С. 32-38.
7. Панфилов В.П. Особенности поведения влаги в супесчаных и суглинистых автоморфных почвах в связи с их порозностью / В.П. Панфилов, Н.И. Чащина // Изв. СО АН СССР. Биология. 1975. – Вып. 1. – С. 3-7.



УДК 581.524:635.53

**А.Ф. Бухаров,  
Д.Н. Балеев,  
А.Р. Бухарова**

## ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТЬ ПРОЯВЛЕНИЯ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ ИЗ СЕМЯН ОВОЩНЫХ СЕЛЬДЕРЕЙНЫХ КУЛЬТУР

**Ключевые слова:** адаптивность, стабильность, аллелопатия, семена, тестер, донор, вытяжка, сельдерей, петрушка, пастернак, укроп.

#### Введение

Аллелопатия – это один из способов взаимодействия между растениями (и другими организмами), осуществляемый посредством метаболитов, выделяемых в окружающую среду [1].

Аллелопатия является фактором, обеспечивающим поддержание равновесия в экологических системах, последовательную смену растительных сообществ. Выполняет регуляторную функцию онтогенетического развития и фитоценотического

взаимоотношения. Познание принципов химических взаимоотношений растений способствует пониманию роли агрофитоценозов, предшественников, монокультур, повторных посевов, степени насыщенности севооборотов, почвоутомления [2].

Использование знаний об аллелопатических свойствах семян весьма эффективно в практике селекции, семеноводства и селекции [3, 4].

Аллелопатический эффект подвержен значительной изменчивости в зависимости от эндогенных и экзогенных факторов, в том числе от биологических особенностей как растений доноров, так и акцепторов [5]. Это свидетельствует о целесообраз-