

6. Sornye rasteniya SSSR. T. 3. / B.A. Keller, V.N. Lyubimenko, A.I. Maltsev [i dr]. – M.-L.: AN SSSR, 1934. – 448 s.
7. Vlasenko N.G., Kulagin O.V., Kudashkin P.I. Povyshenie effektivnosti parovogo polya s pomoshchyu gerbitsidov // Zashchita i karantin rasteniy. – 2009. – No. 3. – S. 54-55.
8. Raskin M.S. Nekotorye voprosy konkurentsii mezhdru kulturnymi i sornymi rasteniyami za elementy pitaniya: Svodnyy referat / M.S. Raskin, Z.V. Levitskaya // Selskoe khozyaystvo za rubezhom. Rasteniyevodstvo. – 1972. – No. 8. – S. 21.
9. Spiridonov Yu.Ya. Metodicheskoe rukovodstvo po izucheniyu gerbitsidov primenyaemykh v rasteniyevodstve / Yu.Ya. Spiridonov, G.Ye. Larina, V.G. Shestakov. – M.: Pechatnyy gorod, 2009. – 252 s.
10. Raskin M.S. Nekotorye teoreticheskie aspekty sozdaniya i izucheniya smesevykh gerbitsidov // Zashchita i karantin rasteniy. – 1998. – No. 3. – S. 18-19.
11. Spravochnik pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii. – M., 2013. – 708 s
12. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). – izd. 5-e, pererab. i dop. – M.: Kolos, 1986. – 416 s.
13. Smirnov B.M. Metodika i tekhnika ucheta sornyakov // Nauchn. trudy NIISKh Yugo-Vostoka. – Saratov, 1969. – Vyp. 26. – 196 s.



УДК 630*114:631.436:630*17:630*271 (571.15)

Л.В. Лебедева, С.В. Макарычев
L.V. Lebedeva, S.V. Makarychev

ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ПОЧВАХ ДЕНДРАРИЯ В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИИ

MOISTURE CONTENT AND THERMOPHYSICAL FACTORS IN THE SOILS OF THE ARBORETUM THROUGHOUT GROWING SEASON

Ключевые слова: почва, чернозем, серая лесная почва, дерново-подзолистая почва, влажность, теплоемкость, тепло- и температуропроводность.

Теплофизические свойства почвы играют важную роль в жизни древесных пород, входящих в состав дендрария. Нами исследовались серые лесные почвы под дубовыми насаждениями, дерново-подзолистые под еловыми посадками и черноземы обыкновенные в березовой роще и на залежи (поляне). Оказалось, что динамика теплофизических коэффициентов почв разного генезиса в большой степени зависит от сезонных изменений влажности, формирующейся в почвенных горизонтах. Так, в серой лесной почве влажность гумусового слоя в начале вегетации превышала влажность разрыва капилляров (ВПК), затем снизилась до 10% от массы почвы, оставаясь практически неизменной. В то же время почвообразующая порода испытывала дефицит влажности. Дерново-подзолистая почва в течение лета как в верхнем, так и в подстилающих горизонтах была переувлажнена. При этом степень почвенного увлажнения была больше наименьшей влагоемкости (НВ). В профиле черноземов обыкновенных увлажнение было достаточным и обеспечивало потребности растений в воде, превышая влажность завядания. В соответствии с изменением влагосодержания менялись и теплофизиче-

ские коэффициенты (ТФК). Максимальными во всех исследованных почвенных профилях ТФК были в мае-июне, затем закономерно снижались. Произрастающие древесные породы также оказывали определяющее влияние на формирование водного и теплофизического режима.

Keywords: soil, chernozem, gray-forest soil, sod-podzolic soil, moisture content, thermal capacity, thermal conductivity, thermal diffusivity.

Soil thermophysical properties play an important role in the life of tree species that make up the arboretum. We investigated the grey forest soils under oak plantings, sod-podzolic under spruce plantings and ordinary chernozems under birch stands and in sod field (grassy clearing). It was found that the dynamics of thermal coefficients of the soils of different genesis depends to a large extent on the seasonal changes of moisture content formed in soil horizons. In the gray forest soil, the moisture content of the humus layer at the beginning of growing season exceeded the capillary rupture moisture, then decreased to 10% of the soil weight and remained virtually unchanged. At the same time, the parent rock material was short of moisture. The sod-podzolic soil during the summer was over-moistened both in the upper and in the underlying horizons. The degree of soil moisture

was greater than the lowest moisture capacity. The moisture content in the profile of ordinary chernozem was sufficient; it met the plant water requirements and exceeded the wilting moisture content. The thermophysical coefficients changed in accordance with the change of moisture content. The ther-

mophysical coefficients had their maximums in all investigated soil profiles in May and June, and then consistently decreased. The growing tree species also exerted a decisive influence on the formation of water and thermophysical regimes.

Лебедева Людмила Васильевна, ст. преп. каф. землеустройства, земельного и городского кадастра, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: lyuda.lebedeva.2015@bk.ru.

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

Lebedeva Lyudmila Vasilyevna, Asst. Prof., Chair of Land Management and Land and Urban Cadastre, Altai State Agricultural University. E-mail: lyuda.lebedeva.2015@bk.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Теплофизическое состояние почвы играет важную роль в жизни древесных пород, входящих в состав дендрария. При этом основное значение имеет микроклимат приземного слоя атмосферы и почвы. Здесь теплопередача осуществляется за счет молекулярной теплопроводности, конвекции, теплового излучения и передачи тепла жидкой влагой. Тепловой режим почвы формируется под воздействием прежде всего атмосферного климата [1]. Вместе с тем на формирование режима тепла в почвенном профиле влияют теплофизические характеристики (ТФХ) его генетических горизонтов [2-5]. В совокупности со степенью почвенного увлажнения теплоемкость, тепло- и теплопроводность в значительной степени определяют интенсивность процессов теплопередачи и теплоаккумуляции. В то же время предполагаемая мелиорация древесных насаждений позволит регулировать оптимальное тепло- и влагосодержание в почвенном профиле.

Изучение такого абиотического фактора, как влажность, а также ее влияние на формирование теплофизического состояния почвенных профилей различного генезиса в зависимости от произрастающих древесных экосистем в условиях дендрария в Алтайском крае до настоящего времени не проводилось. Поэтому нами были организованы экспериментальные исследования влагосодержания и теплофизических коэффициентов в почвах под дубовыми, березовыми и еловыми насаждениями на территории НИИСС им. М.А. Лисавенко.

Объекты и методы

Объектами исследований явились черноземы обыкновенные под березовыми насаждениями, серые лесные почвы под дубовыми и дерново-подзолистые почвы под еловыми посадками. Цель – изучение влажности и комплекса тепло-

физических коэффициентов почв под различными древесными породами в условиях дендрария. В этой связи решалась задача экспериментального измерения влажности, теплоемкости, тепло- и теплопроводности генетических горизонтов почв в дубовых, березовых, еловых насаждениях и под травянистым покровом (поляна). Влажность почвы измерялась весовым методом, комплекс теплофизических коэффициентов – импульсным методом плоского нагревателя в лабораторных условиях и цилиндрическим зондом в полевых [6].

Результаты исследований

С целью выявления особенностей сезонной динамики теплофизических коэффициентов нами проведены сопряженные исследования генетических горизонтов почв разного генезиса. Результаты наблюдений свидетельствуют о том, что изменения теплофизических показателей почв в течение вегетации в основном подчинены сезонной динамике их увлажнения. Следует отметить также влияние строения и структуры почвенных профилей.

Влажность почвы является одним из главных условий, обеспечивающих благоприятный рост и развитие растений. Запасы почвенной влаги в сочетании с теплофизическими показателями становятся решающими в формировании гидротермического состояния почв разного генезиса.

В результате анализа проведенных исследований можно заметить, что динамика теплофизических коэффициентов генетических горизонтов почв в большой степени зависит от сезонной динамики их влажности. При этом отмечают различия во влиянии той или иной древесной породы на изменение теплофизических характеристик почвы.

Так, летом 2014 г. в серой лесной почве под дубовыми насаждениями влажность гумусово-

аккумулятивного горизонта с середины мая по июнь превышала ВРК, достигая 25% от массы почвы (табл. 1). 11 июня влажность понизилась до 10,4% и до сентября изменялась в малых пределах. В почвообразующей породе уже в мае влажность была равна 9,2%, а затем постепенно снижалась до 1,2% в сентябре. Таким образом, с начала июля здесь отмечался дефицит влаги.

В дерново-подзолистой почве в начале вегетации влажность верхних слоев была достаточно высокой (около 23%). 8 июля она понизилась до 11,3%, но к концу сентября постепенно повышалась. Подстилаящая порода в течение всего теплого периода была увлажнена в пределах от 11 до 8%, что значительно превышало НВ, т. е. испытывала переувлажнение.

В профиле черноземов обыкновенных под березовыми насаждениями и под травянистым покровом влажность как гумусовых горизонтов, так и почвообразующей породы обеспечивала потребности растений в воде, превышая влажность завядания.

Следует отметить, что абсолютные значения влажности в профиле почв разного генезиса формируются совершенно произвольно, но при этом испытывают влияние произрастающих ценозов [7, 8].

В соответствии со степенью почвенного увлажнения менялись и теплофизические коэффициенты исследованных почв (табл. 2).

Данные таблицы 2 показывают, что объемная теплоемкость гумусово-аккумулятивного горизон-

та серой лесной почвы была максимальной в первой декаде июня и составляла $3,025 \times 10^6$ Дж/(м³ К). В течение вегетации она постепенно снижалась, при этом колебания ее значений находились в пределах 30-35%. В почвообразующей породе с мая по сентябрь вследствие пониженного увлажнения теплоемкость также закономерно уменьшалась, хотя ее абсолютные значения в отдельные периоды были больше, чем в гумусовом слое.

Аналогичная динамика характерна и для теплопроводности отдельных генетических горизонтов серой лесной почвы.

В дерново-подзолистой почве значения объемной теплоемкости и теплопроводности в течение теплого времени года также испытывают определенные изменения. Характерно, что они всегда соответствуют динамике почвенного увлажнения. Их максимум отмечается в начале июня и в сентябре. В середине лета вследствие иссушения теплоемкость так же, как и теплопроводность, оказываются пониженными. Такая же закономерность имеет место и в подстилаящей породе.

В черноземах обыкновенных под березовыми насаждениями и под травянистым покровом коэффициенты теплоаккумуляции и теплопередачи также следуют за изменением почвенного увлажнения. Характерно, что здесь их значения несколько ниже, чем в ранее представленных разрезах вследствие пониженного уплотнения.

Таблица 1

Влажность (% от массы почвы) гумусово-аккумулятивного горизонта (числитель) и почвообразующей породы (знаменатель) летом 2014 г.

Сроки наблюдений							
30.05	10.06	24.06	08.07	22.07	05.08	19.08	02.09
Серая лесная почва. Дубовые насаждения							
<u>24,4</u> 9,2	<u>25,1</u> 8,1	<u>10,4</u> 7,4	<u>7,9</u> 5,9	<u>8,3</u> 3,3	<u>7,6</u> 2,8	<u>8,0</u> 2,0	<u>12,1</u> 1,2
Чернозем обыкновенный. Березовые насаждения							
<u>28,4</u> 17,3	<u>29,7</u> 18,4	<u>19,3</u> 14,0	<u>18,3</u> 16,4	<u>18,2</u> 13,9	<u>16,7</u> 13,2	<u>20,7</u> 13,4	<u>22,6</u> 14,0
Дерново-подзолистая почва. Еловые насаждения							
<u>23,7</u> 12,3	<u>23,2</u> 11,2	<u>15,5</u> 9,0	<u>11,3</u> 9,5	<u>17,2</u> 8,1	<u>13,0</u> 7,9	<u>15,6</u> 9,4	<u>22,9</u> 9,6
Чернозем обыкновенный. Травянистая залежь (поляна)							
-	<u>29,0</u> 18,1	<u>14,6</u> 15,6	<u>12,4</u> 16,6	<u>11,4</u> 15,6	<u>11,1</u> 14,0	<u>25,1</u> 14,4	<u>27,3</u> 17,1

НСР = 0,5%

Таблица 2

Объемная теплоемкость (C_p , 10^6 Дж/(m^3 К)) и теплопроводность (λ , Вт/(м К) почвы (числитель – гумусово-аккумулятивный горизонт, знаменатель – почвообразующая порода) 2014 г.

ТФК	Сроки наблюдений							
	30.05	10.06	24.06	08.07	22.07	05.08	19.08	02.09
Серая лесная почва. Дубовые насаждения								
C_p	<u>2,985</u> 2,559	<u>3,025</u> 2,482	<u>2,185</u> 2,435	<u>2,042</u> 2,331	<u>2,048</u> 2,152	<u>2,065</u> 2,118	<u>2,025</u> 2,063	<u>2,282</u> 2,008
λ	<u>1,278</u> 1,159	<u>1,290</u> 1,145	<u>1,043</u> 1,125	<u>0,993</u> 1,081	<u>1,003</u> 1,000	<u>0,968</u> 0,982	<u>0,993</u> 0,954	<u>1,074</u> 0,924
Чернозем обыкновенный. Березовая роща								
C_p	<u>2,774</u> 2,840	<u>2,827</u> 2,908	<u>2,299</u> 2,638	<u>2,248</u> 2,786	<u>2,231</u> 2,630	<u>2,174</u> 2,589	<u>2,370</u> 2,594	<u>2,467</u> 2,638
λ	<u>1,209</u> 1,239	<u>1,224</u> 1,260	<u>1,099</u> 1,172	<u>1,086</u> 1,220	<u>1,078</u> 1,213	<u>1,064</u> 1,196	<u>1,117</u> 1,207	<u>1,140</u> 1,217
Дерново-подзолистая почва								
C_p	<u>2,983</u> 2,628	<u>2,974</u> 2,555	<u>2,507</u> 2,409	<u>2,264</u> 2,438	<u>2,606</u> 2,350	<u>2,362</u> 2,336	<u>2,510</u> 2,413	<u>2,936</u> 2,457
λ	<u>1,285</u> 1,217	<u>1,264</u> 1,190	<u>1,145</u> 1,134	<u>1,070</u> 1,147	<u>1,177</u> 1,110	<u>1,102</u> 1,097	<u>1,147</u> 1,136	<u>1,264</u> 1,158
Чернозем обыкновенный. Травянистая залежь								
C_p	-	<u>2,756</u> 2,948	<u>2,019</u> 2,791	<u>1,906</u> 2,854	<u>1,855</u> 2,791	<u>1,833</u> 2,691	<u>2,557</u> 2,708	<u>2,570</u> 2,885
λ	-	<u>1,223</u> 1,259	<u>1,041</u> 1,227	<u>1,009</u> 1,247	<u>0,995</u> 1,227	<u>0,986</u> 1,193	<u>1,177</u> 1,206	<u>1,204</u> 1,257

$HCP_\lambda = 3,64\%$; $HCP_{C_p} = 2,73\%$

Таблица 3

Влажность (% от массы почвы) гумусово-аккумулятивного горизонта (числитель) и почвообразующей породы (знаменатель) летом 2016 г.

Сроки наблюдений							
14.05	28.05	11.06	25.06	23.07	20.08	03.09	24.09
Серая лесная почва. Дубовые насаждения							
<u>16,1</u> 9,8	<u>17,1</u> 10,1	<u>10,6</u> 9,9	<u>17,9</u> 3,8	<u>17,1</u> 2,1	<u>7,4</u> 3,2	<u>7,9</u> 2,9	<u>5,1</u> 1,6
Чернозем обыкновенный. Березовые насаждения							
<u>31,3</u> 16,9	<u>22,7</u> 14,5	<u>17,1</u> 12,4	<u>26,9</u> 15,7	<u>23,0</u> 17,0	<u>18,0</u> 13,3	<u>17,3</u> 14,9	<u>15,3</u> 11,5
Дерново-подзолистые почвы. Еловые насаждения							
<u>25,0</u> 11,6	<u>14,3</u> 8,0	<u>10,4</u> 5,7	<u>25,9</u> 5,6	<u>27,9</u> 8,9	<u>14,5</u> 8,5	<u>17,5</u> 7,0	<u>10,2</u> 6,1
Чернозем обыкновенный. Травянистая залежь (поляна)							
<u>27,0</u> 22,0	<u>14,7</u> 18,8	<u>15,3</u> 14,3	<u>23,9</u> 16,0	<u>36,2</u> 17,6	<u>24,3</u> 18,9	<u>26,2</u> 20,0	<u>25,2</u> 17,6

$HCP = 0,5\%$

Наблюдения, проведенные в 2016 г., показывают аналогичные результаты (табл. 3, 4). Динамика теплофизических коэффициентов всегда соответствует изменениям влажности как в гумусово-аккумулятивном горизонте, так и в почвооб-

разующей породе почв разного генезиса. Вариация значений теплоемкости и теплопроводности определяется также различиями в плотности сложения соответствующих почвенных горизонтов.

Таблица 4

Объемная теплоемкость (C_p , 10^6 Дж/(m^3 К)) и теплопроводность (λ , Вт/(м К)) почвы (числитель – гумусово-аккумулятивный горизонт, знаменатель – почвообразующая порода) 2016 г.

ТФК	Сроки наблюдений							
	14.05	28.05	11.06	25.06	23.07	20.08	03.09	24.09
	Серая лесная почва. Дубовые насаждения							
C_p	<u>2,511</u> 2,600	<u>2,568</u> 2,621	<u>2,196</u> 2,612	<u>2,613</u> 2,187	<u>2,568</u> 2,070	<u>2,014</u> 2,142	<u>2,042</u> 2,124	<u>1,882</u> 2,035
λ	<u>1,144</u> 1,070	<u>1,161</u> 1,089	<u>1,047</u> 1,080	<u>1,175</u> 0,942	<u>1,161</u> 0,913	<u>0,985</u> 0,926	<u>1,016</u> 0,930	<u>0,871</u> 0,903
	Чернозем обыкновенный. Березовая роща							
C_p	<u>2,909</u> 2,816	<u>2,472</u> 2,669	<u>2,187</u> 2,540	<u>2,685</u> 2,743	<u>2,487</u> 2,822	<u>2,233</u> 2,596	<u>2,197</u> 2,694	<u>2,096</u> 2,485
λ	<u>1,242</u> 1,230	<u>1,141</u> 1,183	<u>1,069</u> 1,139	<u>1,191</u> 1,207	<u>1,144</u> 1,232	<u>1,081</u> 1,158	<u>1,070</u> 1,193	<u>1,042</u> 1,121
	Дерново-подзолистая почва. Еловые насаждения							
C_p	<u>3,058</u> 2,582	<u>2,434</u> 2,343	<u>2,212</u> 2,190	<u>3,110</u> 2,182	<u>3,226</u> 2,403	<u>2,449</u> 2,376	<u>2,623</u> 2,276	<u>2,220</u> 2,217
λ	<u>1,307</u> 1,200	<u>1,126</u> 1,108	<u>1,213</u> 0,971	<u>1,322</u> 0,966	<u>1,353</u> 1,132	<u>1,133</u> 1,118	<u>1,182</u> 1,081	<u>1,041</u> 1,057
	Чернозем обыкновенный. Травянистая залежь							
C_p	<u>2,654</u> 3,191	<u>2,024</u> 2,992	<u>2,055</u> 2,710	<u>2,496</u> 2,816	<u>3,126</u> 2,916	<u>2,516</u> 2,998	<u>2,613</u> 3,067	<u>2,562</u> 2,916
λ	<u>1,200</u> 1,356	<u>1,092</u> 1,293	<u>1,051</u> 1,200	<u>1,163</u> 1,235	<u>1,306</u> 1,268	<u>1,168</u> 1,296	<u>1,191</u> 1,317	<u>1,178</u> 1,268

$HCP_\lambda = 4,12\%$; $HCP_p = 3,20\%$

В заключение можно отметить, что увлажнение, складывающееся в почвенных профилях за годы исследований, обеспечивает протекание термодиффузии молекул влаги, находящейся в парообразном состоянии, через почвенные поры, которые оказываются не занятыми водой. Исключением является профиль иссушенных горизонтов серой лесной почвы, который испытывает дефицит почвенной влаги.

Таким образом, динамика влажности сопряжена с атмосферным увлажнением и температурными условиями в период вегетации. При этом летние осадки чаще всего увлажняют лишь гумусовый слой и быстро расходуются путем десукции и физического испарения.

Следует также отметить, что древесные породы оказывают определяющее влияние на формирование водного режима почв. Развитая корневая система, разное затенение поверхности почвы зеленой массой способствуют иссушению почвенного профиля, с одной стороны, и препятствуют физическому испарению влаги – с другой.

Выводы

1. В серой лесной почве влажность гумусового слоя в начале лет превышала ВРК, затем снижалась до 10% от массы почвы, оставаясь практически неизменной до конца вегетации. В то же время почвообразующая порода испытывала дефицит влаги.

2. Дерново-подзолистая почва в течение этого времени как в верхнем горизонте, так и в подстилающих горизонтах была переувлажнена. При этом степень почвенного увлажнения превышала НВ.

3. В профиле черноземов обыкновенных увлажнение было достаточным и обеспечивало потребности растений в воде, превышая влажность завядания.

4. В соответствии с изменением влагосодержания менялись и теплофизические коэффициенты. Максимальными во всех исследованных почвенных профилях ТФК были в мае-июне, затем закономерно снижались.

Библиографический список

1. Болотов А.Г., Макарычев С.В., Гефке И.В., Гончаров Н.А. Почвенно-климатическое обоснование оросительных мелиораций в плодовых садах высокого Алтайского Приобья: монография. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. – 98 с.
2. Макарычев С.В. Общие физические и тепловые свойства дерново-среднеподзолистых слабо дифференцированных супесчаных почв Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (150). – С. 31-34.
3. Беховых Ю.В., Сизов Е.Г. Теплофизические характеристики серых лесных почв северо-запада Бие-Чумышской возвышенности при естественном увлажнении // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. – № 4 (150). – С. 34-39.
4. Трофимов И.Т., Беховых Ю.В., Болотов А.Г., Сизов Е.Г. Физические свойства черноземов под хвойными лесополосами // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 12 (98). – С. 48-50.
5. Сизов Е.Г., Беховых Ю.В. Дифференциация почвенного профиля серых лесных почв северо-запада Бийско-Чумышской возвышенности по теплофизическим коэффициентам // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (148). – С. 44-50.
6. Болотов А.Г. Определение теплофизических свойств почв с использованием систем измерения ZETLAB // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 9 (107). – С. 48-50.
7. Гефке И.В., Болотов А.Г. Распределение продуктивных запасов влаги в почве и их вероятностей за вегетационный период в условиях плодового сада // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6 (164). – С. 79-86.
8. Беховых Ю.В., Сизов Е.Г., Лёвин А.А. Зависимость теплофизических коэффициентов серых лесных почв северо-запада Бие-Чумышской возвышенности от увлажнения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 5 (151). – С. 49-55.

References

1. Bolotov A.G., Makarychev S.V., Gefke I.V., Goncharov N.A. Pochvenno-klimaticheskoe obosnovanie orositelnykh melioratsiy v plodovykh sadakh vysokogo Altayskogo Priobya: monografiya. – Barnaul: Izd-vo RIO Altayskogo GAU, 2018. – 98 s.
2. Makarychev S.V. Obshchie fizicheskie i teplovye svoystva dernovo-srednepodzolistykh slabo differentsirovannykh supeschanykh pochv Altayskogo kraya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 4 (150). – S. 31-34.
3. Bekhovykh Yu.V., Sizov Ye.G. Teplofizicheskie kharakteristiki serykh lesnykh pochv severo-zapad Bie-Chumyshskoy vozvyshennosti pri estestvennom uvlazhnenii // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 4 (150). – S. 34-39
4. Trofimov I.T., Bekhovykh Yu.V., Bolotov A.G., Sizov Ye.G. Fizicheskie svoystva chernozemov pod khvoynymi lesopolosami // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – No. 12 (98). – S. 48-50.
5. Sizov Ye.G., Bekhovykh Yu.V. Differentsiatsiya pochvennogo profilya serykh lesnykh pochv severo-zapada Biysko-Chumyshskoy vozvyshennosti po teplofizicheskim koeffitsientam // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 2 (148). – S. 44-50.
6. Bolotov A.G. Opredelenie teplofizicheskikh svoystv pochv s ispolzovaniem sistem izmereniya ZETLAB // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 9 (107). – S. 48-50.
7. Gefke I.V., Bolotov A.G. Raspredelenie produktivnykh zapasov vlagi v pochve i ikh veroyatnostey za vegetatsionnyy period v usloviyakh plodovogo sada // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 6 (164). – S. 79-86.
8. Bekhovykh Yu.V., Sizov Ye.G., Levin A.A. Zavisimost teplofizicheskikh koeffitsientov serykh lesnykh pochv severo-zapada Bie-Chumyshskoy vozvyshennosti ot uvlazhneniya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 5 (151). – S. 49-55.

