

## References

1. Rost i razvitie pshenicy: [sajt]. [2018]. – URL: <https://www.yara.ru/crop-nutrition/wheat/key-facts/wheat-growth-and-development/> (data obrashcheniya: 17.07.2019). – Tekst: elektronnyj.
2. Zavalin, A. A. Biopreparaty, udobreniya i urozhaj / A. A. Zavalin. – Moskva: Izd-vo VNIIA, 2005. – 302 s. – Tekst: neposredstvennyj.
3. Ispol'zovanie biopreparatov – dopolni-tel'nyj istochnik elementov pitaniya rastenij / I. A. Tihonovich, A. A. Zavalin, G. G. Blagoveshchenskaya, A. P. Kozhemyakov. – Tekst: neposredstvennyj // Plodorodie. – 2011. – № 3 (60). – S. 9-13.
4. Newton, W. E. Nitrogen fixation: some perspectives and prospects / W. E. Newton // Proc. 1st European nitrogen fixation conference. – Szeged, 1994. – P. 1-6.
5. Tihonovich, I. A. Biopreparaty v sel'skom hozyajstve. (Metodologiya i praktika primeneniya mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproizvodstve) / I. A. Tihonovich, Yu. V. Kruglov. – Moskva, 2005. – 154 s. – Tekst: neposredstvennyj.
6. Zavalin A. A. Vliyanie preparatov azotifiksiruyushchih mikroorganizmov na pitanie i produktivnost' yarovoj pshenicy / A. A. Zavalin, T. M. Kandaurova, L. S. Chernova. – Tekst: neposredstvennyj // Agrohimiya. – 1997. – № 3. – S. 33-40.
7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur. Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury. – Moskva, 1989. – 197 s. – Tekst: neposredstvennyj.
8. Nichiporovich, A. A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rastenij v posevah / A. A. Nichiporovich. – Moskva: Izd-vo AN SSSR, 1961. – 138 s. – Tekst: neposredstvennyj.
9. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta / B. A. Dospekhov. – Moskva: Al'yans, 2011. – 352 s. – Tekst: neposredstvennyj.
10. Kursakova, V. S. Opyt ispol'zovaniya preparatov kornevykh diazotrofov i mikorizy v tekhnologiyah vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v stepnoj zone Altajskogo kraja / V. S. Kursakova, L. A. Stupina. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 6 (164). – S. 20-27.
11. Trosnichkov, A. A. Vliyanie biologicheskikh preparatov associativnykh azotifiksiruyushchih bakterij i mikorizy na urozhajnost' yarovoj pshenicy Altajskaya zhnicva v usloviyah Alejskogo rajona: magisterskaya dissertaciya / A. A. Trosnichkov; Altajskij GAU. – Barnaul, 2019. – 63 s. – Tekst: neposredstvennyj.
12. Kursakova, V. S. Ispol'zovanie biopreparatov kornevykh diazotrofov dlya bor'by s boleznyami pshenicy / V. S. Kursakova, A. A. Trosnichkov. – Tekst: neposredstvennyj // Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu: sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (15-16 marta 2020 g.). – Barnaul: RIO Altajskogo GAU, 2020. – S. 255-257.



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

**С.В. Макарычев**  
**S.V. Makarychev**

## ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕНДРАРИЯ

### WATER AVAILABILITY OF SPRUCE STANDS IN THE ARBORETUM

**Ключевые слова:** ель Энгельмана, дисперсность, плотность, влажность завядания, наименьшая влагоемкость, общие и продуктивные влагозапасы, гумус, орошение, поливная норма.

**Keywords:** Engelmann spruce, dispersion, density, wilting moisture, lowest water capacity, total and productive moisture reserves, humus, irrigation, irrigation rate.

Ель Энгельмана является вечнозеленым деревом семейства Сосновых. Еловые насаждения морозостойчивы. Хорошо развиваются на умеренно влажных, легкосуглинистых почвах. Негативно реагируют на переувлажнение. Корневая система ели имеет стержневой корень, который отмирает через несколько лет. Более 80% корневой системы сосредоточено в почвенном слое мощностью 10-20 см, поэтому дерево неустойчиво к сильным ветрам. В связи с тем, что ель Энгельмана негативно относится к повышенному увлажнению, нами проведены наблюдения за формированием естественной влажности в еловых насаждениях и определен дефицит доступной влаги или поливные нормы для засушливых периодов вегетации. Формирование влагообеспеченности в профиле дерново-подзолистой почвы под еловыми насаждениями в течение летних периодов 2014-2016 гг. характеризуется определенными особенностями. Как правило, в конце мая – начале июня общие и продуктивные запасы влаги значительны, что приводило к переувлажнению не только гумусового горизонта, но и всей почвенной толщи. При отсутствии атмосферных осадков в летние месяцы в верхнем 25-сантиметровом слое почвы возникал дефицит доступной влаги, который исчезал в конце августа. В то же время в иллювиальном горизонте и почвообразующей породе недостаток влаги отсутствовал на протяжении всего вегетационного периода, а зачастую наблюдалось переувлажнение, которое создавало напряженный водный режим для такой хвойной породы, как ель Энгельмана. Поэтому для создания благоприятной влагообеспеченности в почве под такой древесной культурой можно рекомендовать отвод излишней влаги, применяя ряд гид-

ромелиоративных мероприятий, таких как дренирование, обвалование и др.

Engelmann spruce is an evergreen tree of the pine family. Spruce stands are frost-hardy. Engelmann spruce develops well on moderately moist, light-loamy soils. It reacts negatively to waterlogging. The root system of spruce has a taproot, which dies after a few years. More than 80% of the root system is concentrated in the soil layer with a thickness of 10-20 cm, so the tree is unstable to strong winds. As Engelmann spruce reacts negatively to waterlogging, we have observed the formation of natural moisture in spruce stands and determined the lack of available moisture or irrigation rates for dry growing seasons. The formation of moisture availability in the profile of sod-podzolic soil under spruce stands during the summer periods of 2014-2016 was characterized by certain features. As a rule, in late May and early June, the total and productive moisture reserves are significant, which led to waterlogging not only of the humus horizon, but also of the entire soil layer. In the absence of precipitation in the summer months, there was a shortage of available moisture in the upper 25 cm layer of the soil, which disappeared at the end of August. At the same time, in the illuvial horizon and the soil-forming rock, there was no lack of moisture throughout the growing season, and often there was waterlogging, which created a tense water regime for such coniferous species as Engelmann spruce. Therefore, to create a favorable moisture supply in the soil under such a tree crop, it is possible to recommend the removal of excess moisture by applying a number of hydro-reclamation measures, such as draining, embanking, and others.

**Макарычев Сергей Владимирович**, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО РФ Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

**Makarychev Sergey Vladimirovich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

### Введение

Ель Энгельмана является вечнозеленым деревом семейства Сосновых. Её крона конусообразная, густая с несколько поникшими ветвями. Хвоя до 30 мм в длину, жесткая, немного изогнута. Имеет направленность к вершине побега, сизо-зеленого цвета. Еловые насаждения морозостойчивы, выдерживают пятидесятиградусные морозы. В естественных условиях произрастают в суровом климате. Хорошо развиваются на умеренно влажных, легкосуглинистых почвах. Негативно реагируют на переувлажнение [1].

Корневая система ели имеет стержневой корень, который отмирает через несколько лет.

После этого питание ели происходит через поверхностные корни. Более 80% корневой системы сосредоточено в почвенном слое мощностью 10-20 см, поэтому дерево неустойчиво к сильным ветрам. Ель светолюбива, хорошо выглядит при посадках небольшими группами или в одиночку. Используется в дендрариях и ботанических садах, а также для озеленения населенных пунктов в виде аллей [2]. В настоящее время кора и древесина еловых пород применяется для получения композитов на основе лигнина [3]. Поскольку ель Энгельмана негативно относится к повышенному увлажнению, то нами проведены наблюдения за формированием есте-

ственной влажности в еловых насаждениях и определен дефицит доступной влаги или поливные нормы для засушливых периодов вегетации.

### Объекты и методы

**Целью** исследований явилось изучение режима влагосодержания в почвах под еловыми насаждениями для определения поливных норм при дефиците почвенной влаги [4, 5]. Объектом исследований были дерново-подзолистые почвы, сформированные на территории дендрария НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко. Наблюдения проведены в течение 2014-2016 гг. При этом для определения естественного влагосодержания были использованы расчетные методы [6, 7] и метод взвешивания [8].

### Результаты исследований

Для морфологического описания почв и определения их плотности и дисперсности в 2014 г. был заложен разрез на участке с выровненной поверхностью. Травянистая растительность под еловыми насаждениями отсутствовала.

Гумусовые горизонты дерново-подзолистой песчаной почвы темно- и светло-серые, супесчаные, пронизанные корнями. Подзолистый горизонт серого цвета, плотный. Иллювиальный белесый неравномерно окрашенный, видны пятна оксидов железа, представляет собой плотный песок. Почвообразующая порода образована влажным песком сизовой окраски.

В почвенном профиле почвы мало пыли и ила. Дисперсность представлена средним и мелким песком (до 90%).

Общие физические и гидрофизические свойства дерново-подзолистых почв под еловыми насаждениями показаны в таблице 1.

Плотность твердой фазы дерново-подзолистой почвы увеличивается вниз по профилю от 2,60 до 2,73 г/см<sup>3</sup>, а плотность сложения находится в пределах 1,38-1,58 г/см<sup>3</sup>. Профиль почвы характеризуется низкими значениями гидрологических постоянных. Так, влажность завядания не превышает 2,5% от массы почвы, за исключением иллювиального, более дисперсного, горизонта В. Наименьшая влагоемкость изменяется от 6,1% в верхней части профиля до 8,2% в почвообразующей породе. Содержание органического вещества в гумусоаккумулятивном горизонте составляет 1,7%, которое с глубиной резко снижается.

Следует отметить, что общие физические и гидрофизические показатели дерново-подзолистой почвы играют главную роль в формировании водного режима и его изменениях в теплое время года [6, 9-11]. Свидетельством этого являются особенности влагосодержания в почве летом 2014 г. (табл. 2, рис. 1).

Анализируя данные, представленные в таблице 2, можно отметить, что в верхнем 25-сантиметровом слое общие и продуктивные влагозапасы в начале лета достаточно велики по отношению к наименьшей влагоемкости (17,3 мм). Но уже к июлю 2014 г. из-за отсутствия атмосферных осадков ПЗВ снижались до 7,5 мм. В результате наблюдался дефицит влагосодержания (рис. 1) – 5 мм, который может восполняться поливом нормой 50 т/га. Такое состояние длилось до середины августа, после чего количество доступной влаги возросло до значений, наблюдаемых в мае-июне.

Таблица 1

### *Плотность сложения, водно-физические постоянные и содержание гумуса в дерново-подзолистой почве*

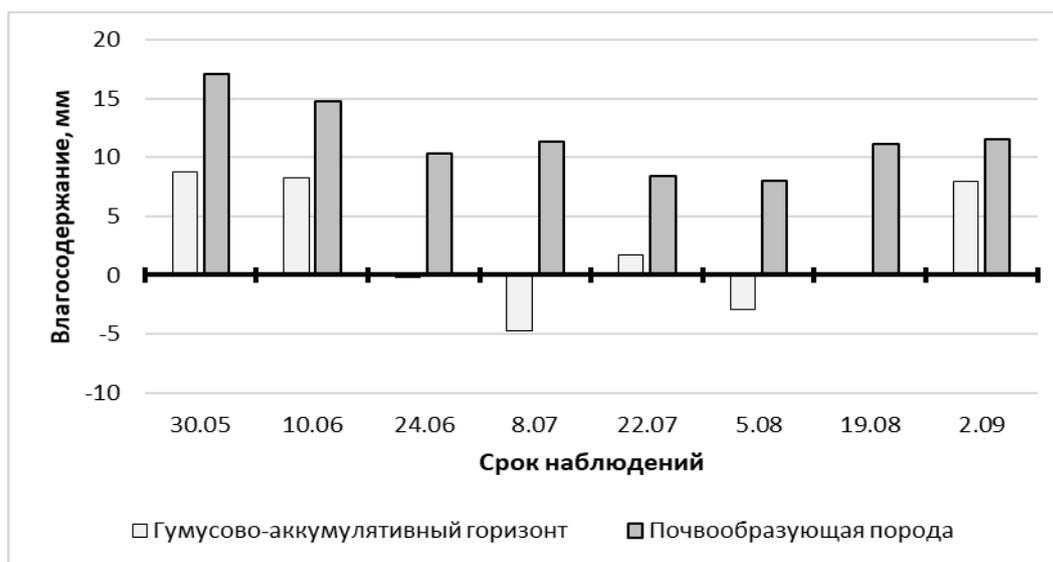
Горизонт	Глубина, см	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	ВЗ, мм	НВ, мм	Г, %
A <sub>1</sub>	2-10	1,38	2,5	6,1	1,7
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	10-25	1,49	2,5	11,2	1,0
A <sub>2</sub>	25-44	1,50	1,9	12,2	0,4
B	44-87	1,59	5,7	28,2	0,3
C	87-100	1,58	1,4	8,2	-

Таблица 2

**Общие (числитель) и продуктивные (знаменатель) запасы влаги в дерново-подзолистой почве под еловыми насаждениями, мм (лето 2014 г.)**

Сроки наблюдений							
30.05	10.06	24.06	08.07	22.07	05.08	19.08	02.09
Гумусово-аккумулятивный горизонт; h = (0-25) см							
<u>26,1</u>	<u>25,6</u>	<u>17,1</u>	<u>12,5</u>	<u>19,0</u>	<u>14,4</u>	<u>17,2</u>	<u>25,3</u>
21,1	20,6	12,1	7,5	14,0	9,4	12,2	20,3
Почвообразующая порода; h = (87-100) см							
<u>25,3</u>	<u>23,0</u>	<u>18,5</u>	<u>19,5</u>	<u>16,6</u>	<u>16,2</u>	<u>19,3</u>	<u>19,7</u>
23,9	21,6	17,1	18,1	15,2	14,8	17,9	18,3

НСР<sub>0,5</sub> = 4,3%



**Рис. 1. Дефицит почвенной влаги и переувлажнение почвы летом 2014 г. по отношению к НВ под еловыми насаждениями**

Таблица 3

**Общие (числитель) и продуктивные (знаменатель) запасы влаги в дерново-подзолистой почве под еловыми насаждениями, мм (лето 2016 г.)**

Сроки наблюдений							
14.05	28.05	11.06	25.06	23.07	20.08	03.09	24.09
Гумусово-аккумулятивный горизонт							
<u>27,6</u>	<u>15,8</u>	<u>11,5</u>	<u>28,6</u>	<u>30,8</u>	<u>16,0</u>	<u>19,3</u>	<u>11,3</u>
22,6	10,8	6,5	23,6	25,8	11,0	14,3	6,3
Почвообразующая порода							
<u>23,8</u>	<u>16,4</u>	<u>11,7</u>	<u>11,5</u>	<u>18,3</u>	<u>17,5</u>	<u>14,4</u>	<u>12,5</u>
22,4	13,9	9,2	9,0	15,8	15,0	11,9	10,0

НСР<sub>0,5</sub> = 3,7%

В почвообразующей породе в течение всего теплого периода имело место переувлажнение (избыток доступной влаги) (рис. 1), которое создавало напряженный водный режим для такой хвойной породы, как ель Энгельмана.

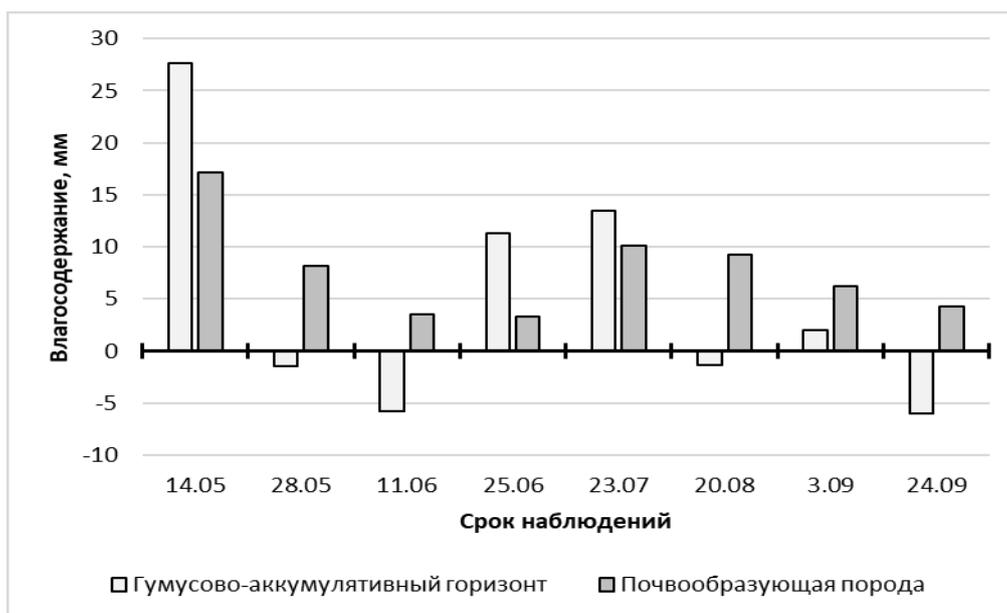
Лето 2016 г. оказалось более влажным, поэтому в гумусовом горизонте запасы продуктивной влаги достигали своего минимума только на короткое время (11.06 и 24.09), опускаясь до 6,5 мм (табл. 3). При этом возникал дефицит

влажностеродержания (рис. 2). В подстилающем горизонте С наблюдалось постоянное переувлажнение. Таким образом, характер водного режима в годы исследований под еловыми насаждениями был практически одинаковым.

В таблице 4 отражены результаты эксперимента, полученные летом 2015 г. во всем почвенном профиле.

Они показывают, что в совокупном гумусовом слое мощностью 44 см сосредоточены значи-

тельные запасы влаги. Так, влагосодержание при НВ в этих горизонтах составляет 29,5 мм. При этом общие запасы влаги в течение теплого времени года превышали эту величину на 4-9 мм. Кроме того, значения доступной влаги также довольно велики и близки к наименьшей влагоемкости. В результате дефицит влаги отсутствовал.



**Рис. 2. Дефицит почвенной влаги и переувлажнение почвы летом 2016 г. по отношению к НВ под еловыми насаждениями**

**Таблица 4**

**Общие (ОЗВ, числитель) и продуктивные (ПЗВ, знаменатель) запасы влаги под еловыми насаждениями, мм (лето 2015 г.)**

Горизонт	Глубина, см	Срок наблюдений		
		10.07.15	03.08.15	26.10.15
A <sub>1</sub> +A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> +A <sub>2</sub>	0-44	<u>32,2</u>	<u>39,5</u>	<u>34,1</u>
		25,3	32,6	27,2
➤ НВ		+2,7	+10,0	+4,6
B	44-87	<u>30,6</u>	<u>38,4</u>	<u>29,3</u>
		24,9	32,7	23,6
➤ НВ		+2,4	+10,2	+1,1
C	87-100	<u>36,2</u>	<u>42,3</u>	<u>31,2</u>
		29,6	31,2	23,1
➤ НВ		+28,0	+34,1	+23,0

НСР<sub>0,5</sub> = 5,1%

В иллювиальном горизонте также фиксировался небольшой избыток продуктивной влаги от 4 до 10 мм. В почвообразующей породе это превышение достигало уже 34 мм. Таким образом, в 2015 г. весь профиль дерново-подзолистой почвы под еловыми насаждениями характеризовался избыточным увлажнением, что могло негативно сказаться на их репродуктивной способности. Также следует отметить, что на данной территории необходим отвод излишней влаги путем ее дренирования.

### Заключение

Формирование влагообеспеченности в профиле дерново-подзолистой почвы под еловыми насаждениями в течение летних периодов 2014-2016 гг. характеризуется определенными особенностями. Как правило, в конце мая – начале июня общие и продуктивные запасы влаги были значительными, что приводило к переувлажнению не только гумусово-аккумулятивного горизонта, но и всей почвенной толщи. При отсутствии атмосферных осадков в летние месяцы в верхнем 25-сантиметровом слое почвы возникал дефицит доступной влаги, который исчезал в конце августа. В то же время в иллювиальном горизонте и почвообразующей породе недостаток влаги отсутствовал на протяжении всего вегетационного периода, а зачастую наблюдалось переувлажнение, которое создавало напряженный водный режим для такой хвойной породы, как ель Энгельмана. Поэтому создание благоприятной влагообеспеченности для исследованной древесной культуры требует отвода излишней влаги при использовании некоторых гидро-мелиоративных мероприятий, например, дренирования.

### Библиографический список

1. Абаимов, В. Ф. Дендрология / В. Ф. Абаимов. – Москва: Изд-во «Академия», 2009. – 363 с. – Текст: непосредственный.
2. Мелехов, И. С. Лесоведение / И. С. Мелехов. – Москва: Изд-во МГУ, 1999. – 398 с. – Текст: непосредственный.
3. Исследование физико-механических свойств композиционных материалов из древесины, полученных без использования связующих веществ / Б. Н. Салин, Ю. Г., Скурыдин, М. М. Чемерис [и др.]. – Текст: непосредственный // Экспериментальные методы в физике структурно-неоднородных сред: труды Всероссийской научно-технической конференции. – Барнаул, 1997. – С. 47-50.
4. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв / Ф. Р. Зайдельман. – Москва: Изд-во МГУ, 2004. – 205 с. – Текст: непосредственный.
5. Шеин, Е. В. Перенос воды и веществ по макропорам в дерново-подзолистой почве / Е. В. Шеин, А. К. Губер, Н. С. Кухарук. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1995. – № 2. – С. 22-32.
6. Болотов, А. Г. Гидрофизическое состояние почв юго-востока Западной Сибири: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Болотов А. Г. – Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2017. – 351 с. – Текст: непосредственный.
7. Bolotov, A. G. Water retention capacity of soils in the Altai region / A. G. Bolotov, E. V. Shein, S. V. Makarychev // Eurasian Soil Science. – 2019. – Т. 52, № 2. – С. 187-192.
8. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с. – Текст: непосредственный.
9. Макарычев, С. В. Теплофизическое состояние черноземов плодовых садов Алтайского Приобья: монография / С. В. Макарычев, И. В. Гефке, А. В. Шишкин. – Барнаул Изд-во АГАУ, 2008. – 190 с. – Текст: непосредственный.
10. Особенности теплоаккумуляции и теплообмена в дерново-подзолистых почвах на горячих сухостепной зоны Алтайского края / Ю. В. Беховых, С. В. Макарычев, И. Т. Трофимов, А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Антропогенное воздействие на лесные экосистемы: материалы II Международной конференции / Алтайский ГАУ, Алтайский ГУ, Комитет природных

ресурсов по Алтайскому краю. – 2002. – С. 142-145.

11. Лебедева, Л. В. Влагосодержание и теплофизические свойства почв под древесными фитоценозами в условиях дендрария / Л. В. Лебедева. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 8 (154). – С. 67-71.

### References

1. Abaimov, V. F. Dendrologiya / V. F. Abaimov. – Moskva: Izd-vo «Akademiya», 2009. – 363 s. – Текст: непосредственный.

2. Melekhov, I. S. Lesovedenie / I. S. Melekhov. – Moskva: Izd-vo MGU, 1999. – 398 s. – Текст: непосредственный.

3. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svojstv kompozicionnykh materialov iz dreve-siny, poluchennykh bez ispol'zovaniya svyazuyu-shchih veshchestv / B. N. Salin, Yu. G., Skurydin, M. M. Chemeris [i dr.]. – Текст: непосредственный // Eksperimental'nye metody v fizike strukturno-neodnorodnykh sred: trudy Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. – Barnaul, 1997. – S. 47-50.

4. Zajdel'man, F. R. Melioraciya pochv / F. R. Zajdel'man. – Moskva: Izd-vo MGU, 2004. – 205 s. – Текст: непосредственный.

5. Shein, E. V. Perenos vody i veshchestv po makroporam v dernovo-podzolistoj pochve / E. V. Shein, A. K. Guber, N. S. Kuharuk. – Текст: непосредственный // Pochvovedenie. – 1995. – № 2. – S. 22-32.

6. Bolotov, A. G. Gidrofizicheskoe sostoyanie pochv yugo-vostoka Zapadnoj Sibiri: dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni doktora biologicheskikh nauk / Bolotov A. G. – Moskva: MGU im. M. V. Lomonosova, 2017. – 351 s. – Текст: непосредственный.

7. Bolotov, A. G. Water retention capacity of soils in the Altai region / A. G. Bolotov, E. V. Shein, S. V. Makarychev // Eurasian Soil Science. – 2019. – Т. 52, № 2. – S. 187-192.

8. Vadyunina, A. F. Metody issledovaniya fizicheskikh svojstv pochvy / A. F. Vadyunina, Z. A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s. – Текст: непосредственный.

9. Makarychev, S. V. Teplofizicheskoe sostoyanie chernozemov plodovykh sadov Altajskogo Priob'ya: monografiya / S. V. Makarychev, I. V. Gefke, A. V. Shishkin. – Barnaul Izd-vo AGAU, 2008. – 190 s. – Текст: непосредственный.

10. Osobennosti teploakkumulyacii i teploobmena v dernovo-podzolistykh pochvah na garyah suhostepnoj zony Altajskogo kraja / Yu. V. Bekhovyyh, S. V. Makarychev, I. T. Trofimov, A. G. Bolotov. – Текст: непосредственный // Antropogennoe vozdeystvie na lesnye ekosistemy: materialy II Mezhdunarodnoj konferencii / Altajskij GAU, Altajskij GU, Komitet prirodnykh resursov po Altajskomu kraju. – 2002. – S. 142-145.

11. Lebedeva, L. V. Vlagosoderzhanie i teplofizicheskie svojstva pochv pod drevesnymi fitocenoziem v usloviyah dendrariya / L. V. Lebedeva. – Текст: непосредственный // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 8 (154). – S. 67-71.

