

7. Burlakova L.M. Pochvy Altayskogo kraya / L.M. Burlakova, L.M. Tatarintsev, V.A. Rassypnov. – Barnaul: Izd-vo ASKhl, 1988. – 69 s.

8. Kaurichev I.S. Pochvovedenie / I.S. Kaurichev, L.N. Aleksandrova, N.P. Panov i dr. – Moskva: Kolos, 1982. – 496 s.

9. Makarychev S.V. Rezhimy tepla i vlagi v chernozeme vyshchelochennom pod tsvetochnymi kulturami / S.V. Makarychev, I.A. Bitsoshvili // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – No. 12 (62). – S. 33-37.

10. Bolotov A.G. Vodouderzhivayushchaya sposobnost pochv Altayskogo kraya / A.G. Bolotov, E.V. Shein, S.V. Makarychev // Pochvovedenie. – 2019. – Vyp. 52. – No. 2. – S. 187-192.

11. Lebedeva L.V. Vlagosoderzhanie i teplofizicheskie svoystva pochv pod drevesnymi fitotsenozami v usloviyakh dendrariya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 8 (154). – S. 67-71.

12. Bondarenko N.F. Fizicheskie osnovy melioratsii pochv – Leningrad: Kolos, 1975. – 258 s.



УДК 630*114:631.436:630(571.15)

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

ВЛАЖНОСТЬ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ ПОД НАСАЖДЕНИЯМИ ТУИ В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИИ

MOISTURE CONTENT AND THERMAL PROPERTIES OF ORDINARY CHERNOZEMS UNDER THUJA PLANTINGS DURING THE GROWING SEASON

Ключевые слова: туя Даника, чернозем обыкновенный, влажность, плотность, объемная теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность.

Поверхность дендрария НИИСС им. М.А. Лисавенко имеет сложный мезорельеф, что дает возможность выращивать растения практически со всех частей планеты. Туя Даника в дендрарии занимает особое место среди насаждений декоративных культур, поскольку на территории города она является пока большой редкостью, а в естественных условиях на Алтае отсутствует. В 2018 г. влагосодержание в профиле чернозема в мае после схода снега было весьма велико (до 50% от массы почвы). Но уже в июне количество влаги в гумусово-аллювиальном горизонте резко снизилось за счет десукции и транспирации. С 19 июля и до середины сентября имело место равномерное иссушение всех генетических горизонтов почвы. В соответствии со степенью увлажнения чернозема варьировали его теплофизические показатели. Максимальные значения за вегетацию принимали теплоемкость и теплопроводность

в мае. Затем вплоть до конца сентября эти коэффициенты постепенно снижались на 69 и 31% соответственно. При этом в гумусовом менее плотном слое теплоемкость оставалась наименьшей с июня по сентябрь включительно. Температуропроводность имела самое низкое значение в мае, а максимальное в конце вегетации при увлажнении, близком к ВРК. В 2019 г. профиль чернозема содержал значительное количество воды, особенно в иллювиальном горизонте, но меньше, чем в предшествующем году. Температуропроводность оказалась наибольшей в гумусовом слое. Равномерное распределение влаги в нижних горизонтах привело к ее выравниванию. При сравнении 2018 и 2019 гг., можно отметить, что режим почвенного увлажнения в эти годы был различен, поскольку в первом выпало меньшее количество осадков, за исключением весны, когда почва была насыщена влагой за счет снеготаяния, а во втором влажность в течение всей вегетации была выше в результате проходивших дождей. Естественно, что теплофизическое состояние формировалось в соответствии с режимом специфического увлажнения.

Keywords: *white cedar (Thuja occidentalis 'Danica'), ordinary chernozem, moisture content, density, volumetric thermal capacity, thermal conductivity, thermal diffusivity.*

The land surface of the arboretum at the Research Institute of Gardening in Siberia named after M.A. Lisavenko has a complex mesorelief which makes it possible to grow plants from almost all parts of the world. White cedar (*Thuja occidentalis 'Danica'*) occupies a special place among the ornamental plantings in the arboretum since it is still a rare plant in the city and it is absent under the natural conditions of the Altai Region. In 2018, the moisture content in the chernozem profile in May after snow-melting was very high (up to 50% of the soil weight). But already in June, the amount of moisture in the humus-alluvial horizon sharply decreased due to drying and transpiration. And from July 19 to mid-September there was a uniform drying of all genetic horizons of the soil. The chernozem thermophysical indices varied in accordance with the degree of chernozem moisture content. The maximum values of thermal

capacity and thermal conductivity for the growing season were recorded in May. Then, until the end of September, these indices gradually decreased by 69% and 31%, respectively. In this case, in less dense humus layer, the thermal capacity remained the smallest from June through September. The thermal diffusivity was the lowest in May and the maximum at the end of the growing season when moistened close to the discontinuous capillary moisture. In 2019, the chernozem profile contained a significant amount of water, particularly in the illuvial horizon, but less than on the previous year. The thermal diffusivity was the highest in the humus layer. The uniform distribution of moisture in the lower horizons led to its equalization. When comparing 2018 and 2019, it may be noted that the regime of soil moisture on these years was different since the first had less rainfall with the exception of spring when the soil was saturated with moisture due to snowmelt, and on the next year the moisture content was higher throughout the growing season as a result of rains. Naturally, the thermophysical state was formed in accordance with the specific moistening regime.

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

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Geodesy, Physics and Engineering Structures, Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Воздействие насаждений декоративных культур и древесных пород на смягчение температурного режима воздушных атмосферных масс в летнее время года зависит от их правильного размещения. Растения защищают почвенный покров и искусственные покрытия от прямой солнечной инсоляции. При этом температура зеленого полога за счет отражения солнечных лучей и большого испарения влаги всегда ниже, чем на открытом пространстве [1].

В плане гигиены нужно также учитывать большую пыле- и газозащитную роль зеленых насаждений. Процесс извлечения пыли из атмосферного воздуха сводится к следующему. Частицы пыли в зеленом массиве под действием притяжения опускаются на почву среди фитоценозов в результате уменьшения скорости ветра. Определенная

доля пылевых частиц встречает препятствия в виде стволов, ветвей и листьев и выпадает из воздуха [2, 3]. Пыль также задерживается на листовой и хвойной поверхности декоративных и древесных пород, поэтому запыленность воздушной среды в зеленых насаждениях дендрария в три раза меньше, чем на открытых городских пространствах.

Дендрарий, в котором проводились исследования влагосодержания и теплофизического состояния черноземов под насаждениями туи, находится на юге г. Барнаула в нагорной его части на территории НИИСС им. М.А. Лисавенко. Он почти окружен основным ленточным бором, и только его восточная сторона открыта и обращена в сторону р. Оби. Территория дендрария поднята по отношению к уровню моря на 190-212 м. Кроме всего прочего, он обеспечивает снижение воздействия низких температур на

декоративные культуры в холодной время года. Поверхность территории дендрария имеет сложный мезорельеф, представленный из западин и всхолмлений, что дает возможность выращивать растения практически из всех частей планеты. Туя Даника в дендрарии занимает особое место среди насаждений декоративных культур, поскольку на территории города она является пока большой редкостью. Поэтому исследования гидротермического режима при ее возделывании сегодня актуальны.

Объекты и методы

Цель исследований – изучение водного и теплофизического режимов почвы, занятой посадками туи в условиях Барнаульского дендрария. Объектом изучения выбран чернозем выщелоченный под насаждениями туи Даника [4]. Данный сорт декоративной культуры относится к хвойным вечнозеленым кустарникам, крона которых создана большим количеством побегов, покрытых мягкой хвоей. При этом значительная часть ветвей направлена вертикально вверх, что придает своеобразную форму растению.

Наблюдения были организованы на территории НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко в течение 2018-2019 гг. Для определения степени увлажнения мы использовали весовой метод, принятый в земледелии [5]. Тепловые свойства определены в лаборатории на образцах ненарушенной структуры импульсным методом [7] и в полевых условиях с помощью цилиндрического зонда [8, 9].

Результаты исследований

Нужно отметить, что туя хорошо зимует в условиях Алтайского края, хотя в естественных условиях эти растения отсутствуют. Поскольку сорт карликовый, то он способен

«укрыться» под снежным покровом, поэтому легко приспосабливается даже к суровым зимам. При этом в период вегетации сорту Даника засухи также не особо опасны. Тем не менее полив побегов необходимо проводить регулярно, прежде всего, в молодом возрасте. При последующем развитии растения поливают только при отсутствии дождей, предварительно измеряя величину влажности. В этой связи возникает необходимость контроля над увлажнением почвы и, соответственно, за ее тепловым состоянием. Под посадки туи выбирают безветренные места, используя защиту соседних древесных или декоративных культур.

В таблице 1 и на рисунке 1 представлены результаты исследований водного и теплового режима чернозема в летнее время 2018 г. с мая по сентябрь.

Из таблицы 1 и рисунка 1 следует, что влагосодержание почвенного профиля чернозема в начале и середине мая после схода снежных наносов весьма велико, в верхних слоях А и АВ превышая 50% от массы сухой почвы. Только в иллювиальном горизонте В влажность не достигала 35%. Но уже 9 июня количество влаги в гумусово-аллювиальном горизонте резко снизилось при высокой температуре воздуха за счет десукции и транспирации до 9%. В подстиляющей почвенной толще влага распределялась в пределах 20-30% от массы почвы. Дожди, прошедшие в конце июля, увеличили степень увлажнения по всему профилю чернозема. Начиная с 19 июля и до середины сентября имело место равномерное иссушение всех генетических горизонтов почвы практически до ВРК (влажности разрыва капилляров) [10, 11].

В соответствии со степенью увлажнения чернозема выщелоченного варьировали его теплофизические показатели, такие как

объемная теплоемкость, тепло- и температуропроводность. Максимальные значения за вегетацию принимали теплоемкость и теплопроводность в мае, увеличиваясь в горизонте АВ до $3,292 \cdot 10^6$ Дж/(м³ К) и 1,405 Вт/(м К) соответственно. Затем вплоть до конца сентября эти коэффициенты постепенно снижались до уровня в $1,948 \cdot 10^6$ Дж/(м³ К) и 1,071 Вт/(м К), т. е. на 69 и 31%. При этом в гумусовом менее плотном слое теплоемкость оставалась наименьшей с июня по сентябрь включительно. Температуропроводность имела самое низкое значение в условиях насыщения почвенных горизонтов влагой в мае, а максимальное – в конце вегетации при увлажне-

нии близком к ВРК, особенно в верхней части почвенного профиля.

В 2019 г. наблюдения были продолжены, а результаты отражены в таблице 2 и рисунке 2, где содержатся значения теплофизических показателей и влажности чернозема выщелоченного под насаждениями туи. Сразу можно отметить, что профиль чернозема здесь, особенно в начале лета, содержал довольно значительное количество влаги, особенно в иллювиальном горизонте [12-14]. Тем не менее это влагосодержание, например, в мае, было гораздо ниже, чем в 2018 г., хотя и фиксировалось в течение более длительного времени.

Таблица 1

Динамика теплофизических коэффициентов чернозема выщелоченного под насаждениями туи летом 2018 г. (Ср, 10^6 Дж/(м³ К) – объемная теплоемкость; α , 10^{-6} м²/с – температуропроводность; λ , Вт/(м К) – теплопроводность; U, % – влажность; T, °С – температура воздуха в 9:00)

Срок	02.05	15.05	09.06	01.07	19.07	01.08	17.08	15.09
T	15	7	35	27	23	22	11	4
Гор. А, 0-20 см, $\rho = 980$ кг/м ³								
Ср	3,036	3,057	1,230	2,616	1,734	1,692	1,482	1,524
α	0,424	0,420	0,634	0,464	0,596	0,603	0,657	0,646
λ	1,288	1,298	0,904	1,214	1,035	1,021	0,974	0,985
U	51,8	52,4	9,0	41,9	21,1	19,9	14,8	15,7
Гор. АВ, 40-50 см, $\rho = 1170$ кг/м ³								
Ср	3,292	3,208	2,410	2,746	2,116	2,158	2,032	1,948
α	0,426	0,432	0,489	0,474	0,529	0,525	0,538	0,549
λ	1,405	1,387	1,179	1,302	1,121	1,134	1,095	1,071
U	50,9	48,6	29,9	38,4	22,7	24,1	20,6	18,9
Гор. В, 70-80 см, $\rho = 1220$ кг/м ³								
Ср	2,727	2,769	2,181	2,433	2,307	2,181	2,190	1,948
α	0,469	0,475	0,462	0,520	0,504	0,516	0,521	0,570
λ	1,281	1,299	1,126	1,200	1,164	1,126	1,140	1,111
U	33,9	34,5	20,6	27,1	23,5	20,8	21,1	19,6

Примечание. В статье использованы данные В.В. Хлебниковой по влажности черноземов.

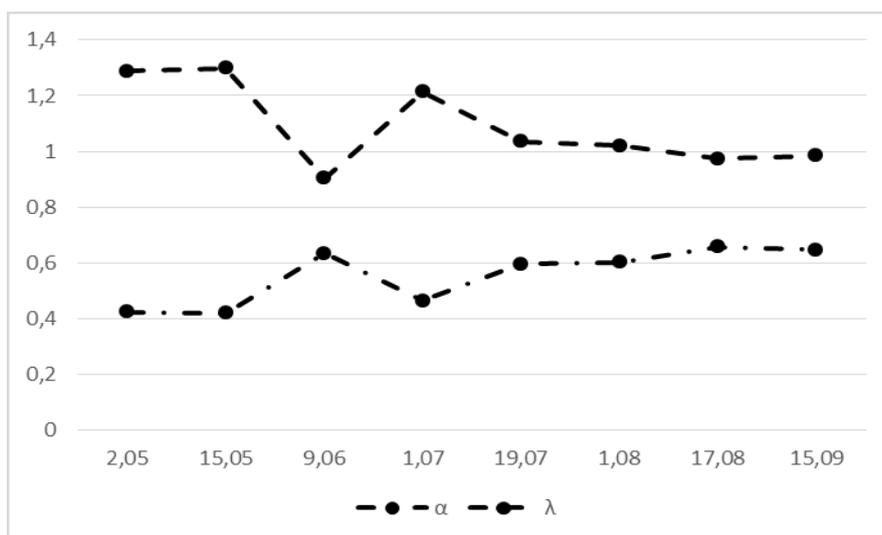


Рис. 1. Температуропроводность и теплопроводность гумусового горизонта чернозема выщелоченного под насаждениями туи летом 2018 г.

Таблица 2

Динамика теплофизических коэффициентов чернозема выщелоченного под насаждениями туи летом 2019 г. (Ср, 10⁶ Дж/(м³ К) – объемная теплоемкость; α, 10⁻⁶ м²/с – температуропроводность; λ, Вт/(м К) – теплопроводность)

Срок	10.05	27.05	12.06	27.06	15.07	30.07	12.08	29.08
Гор. А, 0-20 см, ρ = 980 кг/м ³								
Ср	1,957	2,041	1,957	1,930	1,369	2,209	1,705	1,327
α	0,566	0,549	0,5508	0,559	0,709	0,522	0,616	0,711
λ	1,107	1,121	1,092	1,078	0,970	1,154	1,050	0,944
U	29,2	31,3	29,0	28,7	15,0	35,0	22,7	13,8
Гор. АВ, 40-50 см, ρ = 1170 кг/м ³								
Ср	2,388	2,493	2,728	2,661	2,157	2,724	2,535	2,283
α	0,440	0,429	0,412	0,416	0,459	0,413	0,426	0,447
λ	1,050	1,070	1,124	1,107	0,989	1,124	1,079	1,021
U	21,5	24,0	29,6	27,9	15,9	29,5	25,1	19,0
Гор. В, 70-80 см, ρ = 1220 кг/м ³								
Ср	2,630	3,050	3,071	3,155	2,739	3,025	2,685	2,701
α	0,443	0,412	0,413	0,410	0,429	0,412	0,429	0,431
λ	1,164	1,257	1,268	1,293	1,175	1,246	1,151	1,163
U	21,6	31,8	32,5	34,5	24,6	31,4	23,3	23,7

При этом следует учесть, что плотность гумусового горизонта чернозема под туей минимальна и составляла только 980 кг/м³.

В связи с этим объемная теплоемкость и теплопроводность верхнего почвенного слоя оказались минимальными.

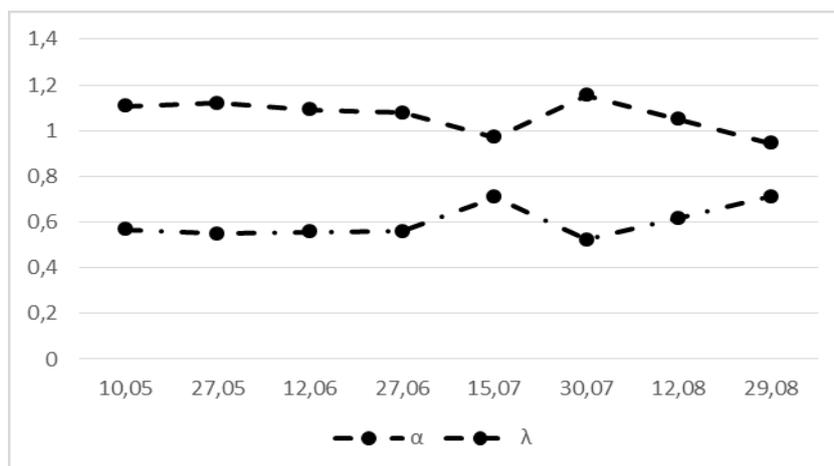


Рис. 2. Температуропроводность и теплопроводность гумусового горизонта чернозема выщелоченного под насаждениями туи летом 2019 г.

Здесь эти теплофизические показатели имели величину не выше $2,209 \cdot 10^6$ Дж/(м³ К) для теплоемкости и 1,154 Вт/(м К) для теплопроводности в самом конце июля. Объемная теплоемкость и теплопроводность иллювиального горизонта 27 июня достигали значений $3,155 \cdot 10^6$ Дж/(м³ К) и 1,293 Вт/(м К) соответственно при влажности 34,5%. Из всех исследованных вариантов и генетических горизонтов температуропроводность экстремальна в гумусовом слое А под насаждениями туи и равна $0,709 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Равномерное распределение влаги в почве под туей приводило к выравниванию температуропроводности в горизонтах АВ и В. Кроме того, величины теплофизических коэффициентов, таких как объемная теплоемкость и теплопроводность здесь были ниже, поскольку они пропорциональны степени почвенного увлажнения.

При сравнении 2018 и 2019 гг. можно отметить, что режим почвенного увлажнения в эти годы был различен, поскольку в первом летом выпало меньшее количество осадков, за исключением весны, когда почва была насыщена влагой за счет снеготаяния, а во втором влажность в течение всей вегетации была выше в результате проходивших дождей. Естественно, что теплофизическое

состояние формировалось в соответствии с режимом специфического увлажнения.

Выводы

1. В 2018 г. влагосодержание почвенного профиля чернозема в начале и середине мая после схода снежных наносов было весьма велико, достигая в верхних слоях А и АВ 50% от массы сухой почвы. Только в иллювиальном горизонте В влажность не достигала 35%. Но уже 9 июня количество влаги в гумусово-аллювиальном горизонте резко снизилось при высокой температуре воздуха за счет десукции и транспирации до 9%. В подстилающей почвенной толще влага распределялась в пределах 20-30% от массы почвы. Начиная с 19 июля и до середины сентября, имело место равномерное иссушение всех генетических горизонтов почвы практически до ВРК (влажности разрыва капилляров).

2. В соответствии со степенью увлажнения чернозема выщелоченного варьировали его теплофизические показатели. Максимальные значения за вегетацию принимали теплоемкость и теплопроводность в мае, увеличиваясь в горизонте АВ до $3,292 \cdot 10^6$ Дж/(м³ К) и 1,405 Вт/(м К) соответственно. Затем вплоть до конца сентября

эти коэффициенты постепенно снижались до уровня в $1,948 \cdot 10^6$ Дж/(м³ К) и $1,071$ Вт/(м К), т. е. на 69 и 31%. При этом в гумусовом менее плотном слое теплоемкость оставалась наименьшей с июня по сентябрь включительно. Температуропроводность имела самое низкое значение в условиях насыщения почвенных горизонтов влагой в мае, а максимальное в конце вегетации при увлажнении, близком к ВРК, особенно в верхней части почвенного профиля.

3. В 2019 г. профиль чернозема, особенно в начале лета, содержал довольно значительное количество влаги, особенно в иллювиальном горизонте. Тем не менее это влагосодержание, например, в мае, было гораздо ниже, чем в 2018 г., хотя и наблюдалось в течение более длительного времени.

4. В гумусовом горизонте 30 июля 2019 г. теплоемкость и теплопроводность имели максимум, который составлял $2,209 \cdot 10^6$ Дж/(м³ К) и $1,154$ Вт/(м К) при влажности почвы в 35%. При этой же влажности в плотном иллювиальном горизонте их значения оказались равны $3,155 \cdot 10^6$ Дж/(м³ К) и $1,293$ Вт/(м К) соответственно. Из всех исследованных вариантов и генетических горизонтов температуропроводность была экстремальна в гумусовом слое А и равна $0,709 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Кроме того, равномерное распределение влаги в почве под туей привело к выравниванию температуропроводности в горизонтах АВ и В практически в течение всей вегетации.

Библиографический список

1. Гейгер, Р. Климат приземного слоя воздуха / Р. Гейгер. – Москва: Изд-во иностранной литературы, 1960. – 162 с. – Текст: непосредственный.
2. Абаимов, В. Ф. Дендрология / В. Ф. Абаимов. – Москва: Изд-кий центр «Академия», 2009. – 363 с. – Текст: непосредственный.
3. Зинченко, С. И. Почвы и растения / С. И. Зинченко, М. А. Мазиров, М. К. Зинченко; Рос. акад. с.-х. наук, Владимир. НИИ сел. хоз-ва Россельхозакадемии. – Москва, 2008. – 284 с. – ISBN 978-5-8311-0387-8. – Текст: непосредственный.
4. Колесников, А. И. Декоративная дендрология / А. И. Колесников. – Москва, 1974. – 703 с. – Текст: непосредственный.
5. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с. – Текст: непосредственный.
6. Болотов, А. Г. Электронный измеритель температуры почвы / А. Г. Болотов, С. В. Макарычев, Ю. В. Беховых. – Текст: непосредственный // Проблемы природопользования на Алтае: сборник научных трудов молодых ученых. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – С. 55-57.
7. Шеин, Е. В. Моделирование теплового режима почвы по амплитуде температуры приземного воздуха / Е. В. Шеин, А. Г. Болотов, М. А. Мазиров, А. И. Мартынов. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2017. – № 7. – С. 26-28.
8. Шеин, Е. В. Определение профильного распределения температуры почвы на основании температуры ее поверхности / Е. В. Шеин, А. Г. Болотов, М. А. Мазиров, А. И. Мартынов. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2018. – № 7. – С. 26-29.
9. Болотов, А. Г. Метод определения температуропроводности почвы / А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 7 (129). – С. 74-79.
10. Трофимов, И. Т. Использование дефеката для известкования почв Западной

Сибири / И. Т. Трофимов, С. В. Макарычев, А. Н. Иванов. – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2006. – № 4 (31). – С. 15-16.

11. Кауричев И. С. Почвоведение / И. С. Кауричев, Л. Н. Александрова, Н. П. Панов [и др.]. – Москва: Колос, 1982. – 496 с. – Текст: непосредственный.

12. Трофимов, И. Т. Использование дефеката для известкования почв Западной Сибири / И. Т. Трофимов, С. В. Макарычев, А. Н. Иванов. – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2006. – № 4 (31). – С. 15-16.

13. Ilinich V.V., Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. (2018) // G. La Loggia, G. Freni, V. Puleo and M. De Marchis (eds.), HIC 2018, 13th International Conference on Hydroinformatics, Palermo, 1-6 July 2018, (EPiC Series in Engineering, vol. 3), pp. 931-935

14. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. (2019). Water retention capacity of soils in the Altai Region. *Eurasian Soil Sci.* 52 (2): 187-192.

References

1. Geyger R. *Klimat prizemnogo sloya vozdukh.* – Moskva: IZD-VO INOSTRANNOY LITERATURY, 1960. – 162 s.

2. Abaimov V.F. *Dendrologiya.* – Moskva: IZD. TSENTR «AKADEMIYA», 2009. – 363 s.

3. Zinchenko S.I. *Pochvy i rasteniya* / S.I. Zinchenko, M.A. Mazirov, M.K. Zinchenko // Ros. akad. s.-kh. nauk, Vladimir. NII sel. khozva Rosselkhozakademii. – Moskva, 2008. – 284 s.

4. Kolesnikov A.I. *Dekorativnaya dendrologiya.* – Moskva, 1974. – 703 s.

5. Vadyunina A.F. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochvy* / A.F. Vadyunina, Z.A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

6. Bolotov A.G. *Elektronnyy izmeritel temperatury pochvy* / A.G. Bolotov, S.V. Makarychev, Yu.V. Bekhovyykh // Problemy prirodnopolzovaniya na Altae. – Sb. nauch. tr. molodykh uchenykh. – Barnaul: IZD-VO AGAU, 2001. – S. 55-57.

7. Shein E.V. *Modelirovanie teplovogo rezhima pochvy po amplitude temperatury prizemnogo vozdukh* / E.V. Shein, A.G. Bolotov, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2017. – No. 7. – S. 26-28.

8. Shein E.V. *Opredelenie profilnogo raspredeleniya temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverkhnosti* / E.V. Shein, A.G. Bolotov, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2018. – No. 7. – S. 26-29.

9. Bolotov A.G. *Metod opredeleniya temperaturoprovodnosti pochvy* // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – No. 7 (129). – S. 74-79.

10. Trofimov I.T. *Ispolzovanie defekata dlya izvestkovaniya pochv Zapadnoy Sibiri* / I.T. Trofimov, S.V. Makarychev, A.N. Ivanov // Plodorodie. – 2006. – No. 4 (31). – S. 15-16.

11. Kaurichev I.S. *Pochvovedenie* / I.S. Kaurichev, L.N. Aleksandrova, N.P. Panov i dr. – Moskva: Kolos, 1982. – 496 s.

12. Trofimov I.T. *Ispolzovanie defekata dlya izvestkovaniya pochv Zapadnoy Sibiri* / I.T. Trofimov, S.V. Makarychev, A.N. Ivanov // Plodorodie. – 2006. – No. 4 (31). – S. 15-16.

13. Ilinich V.V., Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. (2018) // G. La Loggia, G. Freni, V. Puleo and M. De Marchis (eds.), HIC 2018, 13th International Conference on Hydroinformatics, Palermo, 1-6 July 2018, (EPiC Series in Engineering, vol. 3), pp. 931-935

14. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. (2019). Water retention capacity of soils in the Altai Region. *Eurasian Soil Sci.* 52 (2): 187-192.

