

e-mail: ggoryaeva56@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева
ул. Тимирязевская, 49, 127550, Москва, Россия

Data about the authors:

Mayorova Natalia Sergeevna, Senior Lecturer, Department of Construction

Erokhina Larisa Alekseevna, Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction

Ukhta State Technical University

May Day st., 13, 169300, Ukhta, Russia

Goryaeva Galina Naranovna, associate Professor of the Department "Agricultural engineering and architecture", candidate of technical Sciences, associate Professor

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy

st. Timiryazevskaya 49, 127550, Moscow, Russia

Рецензент: Ляпидевская О.Б., доцент кафедры Строительные материалы НИУ МИСИ-МГСУ имени В.В. Куйбышева, кандидат технических наук

DOI: <https://doi.org/10.26897/2618-8732-2020-20-58-63>

УДК 630*114:631.436:630(571.15)

**ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА В ЧЕРНОЗЕМЕ ПОД НАСАЖДЕНИЯМИ БЕРЕЗЫ
ТОПОЛЕЛИСТНОЙ И ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЕ**

Макарычев С.В.

Сохранению экологического равновесия на территории города Барнаула способствуют лесные насаждения дендрария. В нем содержится большое количество древесных пород, одной из которых является береза тополелистная (*Betularopulifolia*). В статье показано, что за годы исследований водный режим в черноземном профиле под березовыми древостоями остается напряженным на протяжении большей части вегетационного периода, поэтому возникает необходимость мелиорирования.

Летом 2014 года в первой половине вегетации влагозапасы в гумусовом горизонте были очень хорошими, но затем перешли в ранг удовлетворительных. В результате продолжительное время гумусовый слой чернозема испытывал дефицит доступной влаги. В почвообразующей породе дефицит влаги с конца июня до начала сентября превышал 40 мм, в результате чего поливные нормы составили здесь 400-450 м³/га.

В мае 2016 года продуктивные влагозапасы в гумусовом горизонте были очень хорошими, но к середине июня за отсутствием осадков эти показатели резко снизились и стали неудовлетворительными. В результате возникла потребность в орошении поливной нормой 831 м³/га. С начала августа началось постепенное иссушение почвенного профиля, и возник дефицит доступной влаги. В 2017 году наблюдалась аналогичная гидрофизическая ситуация.

Таким образом, исследования, проведенные нами с 2014 по 2017 гг., показали, что водный режим в профиле чернозема большую часть вегетации оставался напряженным, поэтому возникала необходимость в гидромелиорации различными поливными нормами в зависимости от формирующегося гидрологического состояния.

Ключевые слова: береза; чернозем; влажность; водный режим; орошение; влажность завядания; наименьшая влагоемкость; дефицит влаги; поливная норма.

**FEATURES OF THE WATER REGIME IN THE CHERNOZEM UNDER THE STANDS OF
POPLAR BIRCH AND ITS REGULATION**

Makarychev S.V.

Forest stands of the arboretum contribute to the preservation of ecological balance on the territory of Barnaul. It contains a large number of tree species, one of which is poplar birch (*Betularopulifolia*). The article shows that over the years of research, the water regime in the Chernozem profile under birch stands remains tense for most of the growing season, so there is a need to use irrigation with different irrigation standards, depending on the emerging hydrological state.

In the summer of 2014, in the first half of the growing season, moisture reserves in the humus horizon were very good, but then passed to the rank of satisfactory. As a result, for a long time the humus layer of chernozem experienced a shortage of available moisture. In the parent rock, the moisture deficit from late June to early September exceeded 40 mm, as a result of which irrigation rates were 400-450 m³/ha.

In May 2016, the productive moisture reserves in the humus horizon were very good, but by mid-June, due to the lack of precipitation, these indicators sharply decreased and became unsatisfactory. As a result, there was a need for irrigation with an irrigation rate of 831 m³ / ha. From the beginning of August, a gradual drying up of the soil profile began, and a deficit of available moisture arose. In 2017, a similar hydrophysical situation was observed.

Thus, the studies carried out by us from 2014 to 2017 showed that the water regime in the chernozem profile remained tense for most of the growing season, therefore, there was a need for hydro reclamation with various irrigation rates depending on the emerging hydrological state.

Key words: birch; black earth; humidity; water treatment; irrigation; humidity of wilting; the lowest moisture content; moisture deficit; irrigation rate.

Введение

Пригородный лес и лесные насаждения активно воздействуют на воздушные массы, качество подпочвенных вод и, тем самым, способствуют сохранению экологического равновесия на территории г. Барнаула. Значительную роль в этом играет дендрарий, который находится в юго-восточной нагорной части города на территории НИИСС им. М.А. Лисавенко. В нем сосредоточено большое количество деревьев, кустарников, декоративных культур различных видов. Одним из них является береза тополелистная (*Betularopulifolia*). В этой связи нами была поставлена задача исследования водного режима, формирующегося в почвенном профиле под березовыми насаждениями, и определению возможностей по его регулированию.

Познание внутрипочвенных процессов аккумуляции и распространения запасов влаги в почвах дендрария позволило разработать мелиоративные мероприятия по созданию оптимального водно-физического состояния почвенного покрова под пологом леса [1-2].

В России к роду березы тополелистной (*Betularopulifolia*) относятся до 60 видов семейства. Она может произрастать на малоплодородных почвах, вырубленных участках леса или гарях. Средний возраст сорок лет. Это самая недолговечная из древовидных берез, достигающая высоты 15 метров. Растет преимущественно в дендрариях или ботанических садах. Древесина и кора березы широко используются в производстве [3].

Развитие подростка березы происходит очень медленно. Это определяется тем, что их стержневой корень, достигнув некоторой длины, в определенный момент времени постепенно отмирает. Но вместе с этим наблюдается активный рост боковых и придаточных мочковатых корней, которые поставляют влагу и элементы питания к надземной части растения. Береза является влаголюбивым растением. В засушливое время года она за счет своих крепких, длинных и извилистых корней может получать влагу из водоносных внутри почвенных слоев. В сутки взрослое дерево потребляет до 50 литров воды.

Объекты и методы

Объектом исследования явились черноземы обыкновенные под березовыми насаждениями, расположенные на территории НИИ садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко. Цель работы – изучение водного режима, формирующегося в почве и возможностей его регулирования. Для измерения влажности чернозема использовался метод взвешивания [4]. Поливная норма рассчитывалась на основе наименьшей влагоемкости [5-7].

Результаты исследований

Профиль обыкновенного среднемошного среднегумусного чернозема под березовыми насаждениями состоит из дернины Ад (до 3 см), гумусово-аккумулятивного горизонта А (от 3 до 29 см), переходного АВк (29-56 см), иллювиального Вк (56-112 см) и почвообразующей породы Ск (глубже 112 см). [8]. Глубина разреза 150 см, вскипание с 42 см. Имеется травяной растительный покров. Признаков эрозии нет. Профиль чернозема до глубины 56 см (Ад-АВк) легкосуглинистый, а ниже (Вк-Ск) среднесуглинистый.

В табл. 1 представлены значения плотности сложения, гидрофизические постоянные и содержание гумуса в генетических горизонтах чернозема под березовыми насаждениями.

Таблица 1

Плотность, гумус и гидрофизические свойства чернозема обыкновенного

Горизонт	Глубина,	Плотность	ВЗ,	НВ,	Г,
----------	----------	-----------	-----	-----	----

	см	сложения, кг/м ³	мм	мм	%
A	3-29	1210	19,9	118,3	5,7
ABк	29-56	1320	20,4	94,1	3,8
Вк	56-112	1490	47,8	209,4	1,6
BCк	112-129	1510	13,6	68,8	0,3
Ск	129-150	1460	18,9	86,2	-

Данные табл. 1 показывают, что плотность сложения чернозема при переходе от гумусового слоя к нижележащим постепенно увеличивается с 1210 до 1510 кг/м³. Гидрофизические константы высоки и обусловлены дисперсностью и мощностью генетических горизонтов. В результате НВ в иллювиальном горизонте Вк равна 209 мм при толщине слоя 56 см, а в почвообразующей породе 86,2 мм, но уже при мощности 21 см.

Таблица 2

Общие (числитель) и продуктивные запасы влаги (знаменатель) в мм гумусово-аккумулятивного горизонта и почвообразующей породы (2014 год).

Сроки наблюдений							
30.05	10.06	24.06	08.07	22.07	05.08	19.08	02.09
Гумусово-аккумулятивный горизонт, $\rho = 1210$ кг/м ³							
<u>89,3</u>	<u>93,4</u>	<u>60,7</u>	<u>57,6</u>	<u>57,3</u>	<u>52,5</u>	<u>65,1</u>	<u>71,1</u>
69,4	73,5	40,8	37,7	37,4	32,6	45,2	51,2
Почвообразующая порода, $\rho = 1460$ кг/м ³							
<u>53,0</u>	<u>56,4</u>	<u>42,9</u>	<u>50,3</u>	<u>42,6</u>	<u>40,7</u>	<u>41,1</u>	<u>42,9</u>
34,1	37,5	24,0	31,4	23,7	21,8	22,2	24,0

Дефицит – разность между НВ и фактической влажностью почвы

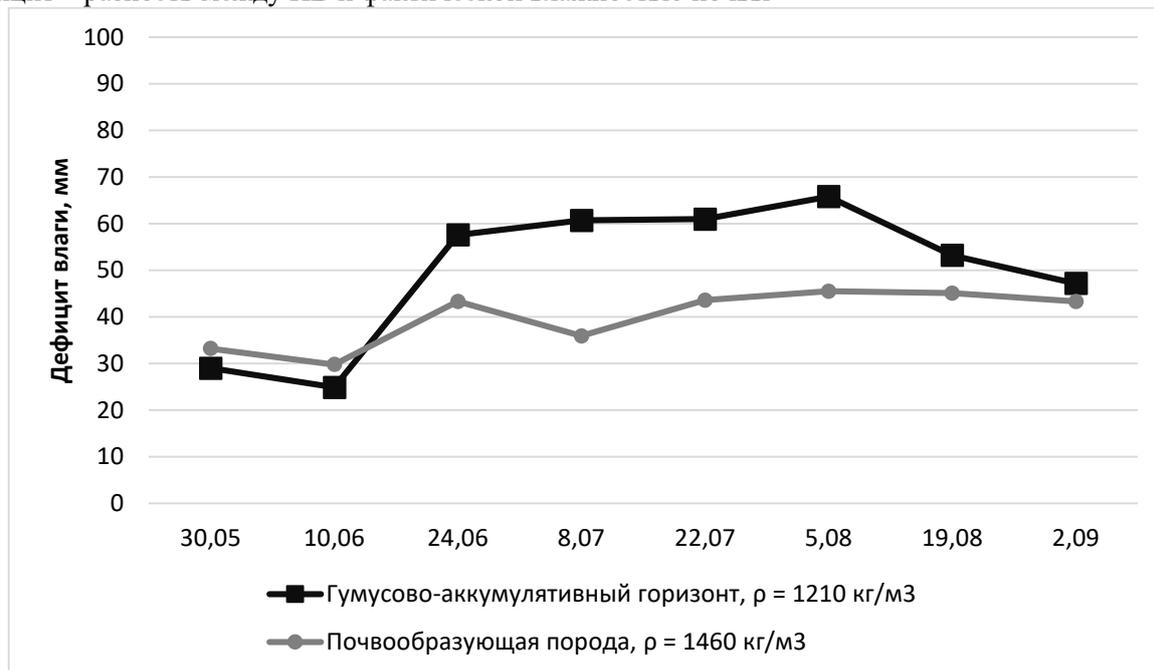


Рисунок 1 - Динамика дефицита продуктивной влаги (поливных норм) в гумусовом горизонте и в почвообразующей породе чернозема обыкновенного в 2014 году

Поскольку целью данной работы является анализ сезонного влагосодержания в профиле обыкновенного чернозема под березовыми насаждениями, то в табл. 2 показаны величины влагозапасов как в гумусово-аккумулятивном горизонте, так и в почвообразующей породе, складывающиеся в течение лета 2014 года. Рис. 1 отражает изменения дефицита доступной влаги в отдельных слоях почвенного профиля. Он также отражает величину поливных норм.

Анализируя данные табл. 2 и рис. 1, можно заключить, что общие запасы влаги в верхнем 20-ти см слое чернозема под березовыми насаждениями с мая по июнь 2014 года превышали 80 мм. Тем не менее, отсутствие значимых атмосферных осадков вплоть до начала августа снизило их количество до

50-60 мм, и только к концу августа они увеличились на 15-20 мм. Соответственно менялась и продуктивная влага. Если до середины июня влагозапасы составляли 69 и более мм и соответствовали по классификации А. Ф. Вадюниной очень хорошим, то затем они перешли в ранг удовлетворительных, и только в конце августа вернулись в прежнее состояние. В результате довольно продолжительное время гумусовый слой чернозема испытывал дефицит доступной влаги, который определяется разностью между наименьшей влагоемкостью и реальной влажностью почвы. Вследствие этого возникла необходимость орошения поливными нормами, достигающими 600 и более м³/га.

В почвообразующей породе на глубине 112-150 см как общие, так и продуктивные влагозапасы были гораздо ниже. Так, доступная влага в этом горизонте в начале лета не превышала 37,5 мм, а с течением времени ее значения опускались до 22 мм, т. е. приближались к рангу плохих. Дефицит такой влаги с конца июня до начала сентября превышал 40 мм, в результате чего поливные нормы для этого горизонта оказались равными 400-450 м³/га.

Аналогичные наблюдения 2016 года (табл. 3) показали, что влагосодержание в почве за вегетацию претерпевало значительные изменения. Аналогичные изменения испытывал и дефицит влагосодержания (рис. 2).

Таблица 3

Общие (числитель) и продуктивные запасы влаги, мм (знаменатель) гумусово-аккумулятивного горизонта (2016 год).

Сроки наблюдений							
14.05	28.05	11.06	25.06	23.07	20.08	03.09	24.09
Гумусово-аккумулятивный горизонт, $\rho = 1210 \text{ кг/м}^3$							
98,5	71,4	35,2	84,6	72,4	56,6	54,4	48,1
78,6	51,5	15,3	64,7	52,5	36,7	34,5	28,2
Почвообразующая порода, $\rho = 1460 \text{ кг/м}^3$							
51,8	44,5	38,0	40,1	52,1	40,8	45,7	35,3
32,9	25,6	19,1	21,2	33,2	21,9	26,8	16,4

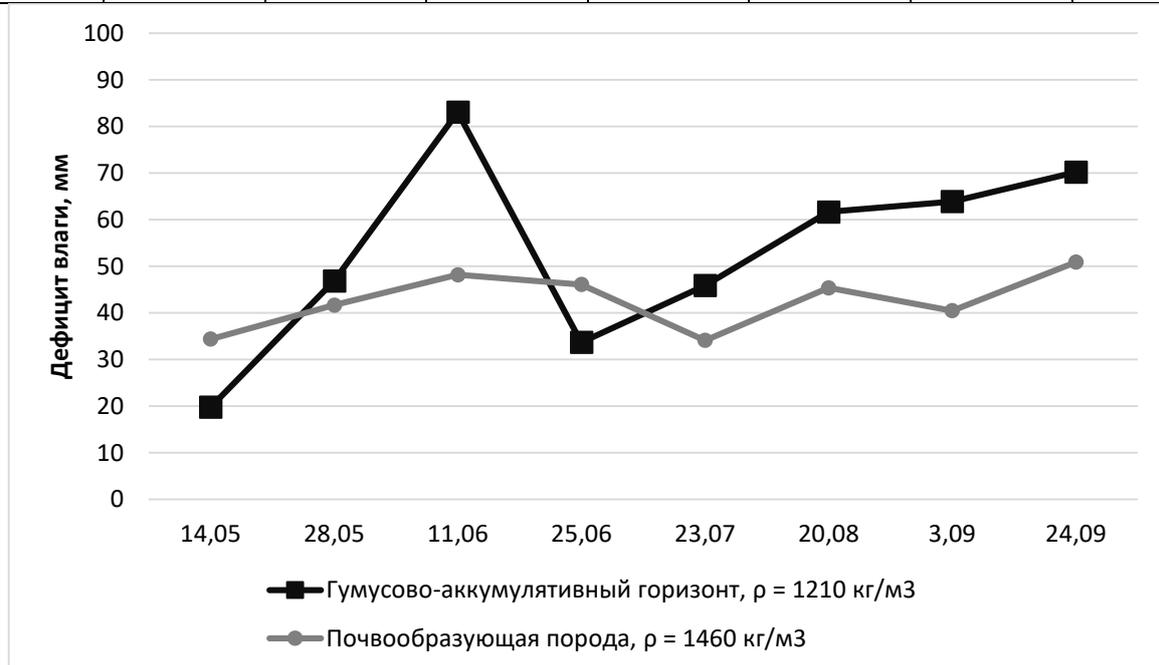


Рисунок 2 - Динамика дефицита продуктивной влаги (поливных норм) в гумусовом горизонте и в почвообразующей породе чернозема обыкновенного в 2016 году

В середине мая общие и продуктивные влагозапасы в гумусово-аккумулятивном горизонте были максимальны (98,5 и 78,6 мм) при незначительном дефиците доступной влаги. Но к 11.06 за отсутствием осадков эти показатели резко снизились. Так продуктивные запасы воды здесь составили только 15,3 мм, т. е. оказались неудовлетворительными. В результате возникла потребность в орошении поливной нормой 831 м³/га.

В середине мая общие и продуктивные влагозапасы в гумусово-аккумулятивном горизонте были максимальны (98,5 и 78,6 мм) при незначительном дефиците доступной влаги. Но к 11.06 за отсутствием осадков эти показатели резко снизились. Так, продуктивные запасы воды здесь составили

только 15,3 мм, т. е. оказались неудовлетворительными. В результате возникла потребность в орошении поливной нормой 831 м³/га.

Атмосферные осадки конца июня увеличили увлажнение верхнего 20-ти см горизонта. Общие запасы воды возросли до 84,6 мм, а продуктивные 64,7 мм. С начала августа началось постепенное иссушение почвенного профиля, в результате которого доступной влаги стало меньше. 20 августа 2016 года она опустилась до 36,7 мм, а к 24 сентября составляла только 28,2 мм, т. е. влагозапасы в течение этого периода оставались удовлетворительными. Тем не менее, дефицит воды сохранялся высоким (60-70 мм), поэтому возникла необходимость в поливе нормой, аналогичной дефициту, или 600-700 м³/га, чего, к сожалению, сделано не было.

В почвообразующей породе в течение вегетационного периода складывалась более стабильная ситуация, при которой продуктивные запасы влаги колебались в малых пределах от 32,9 мм в мае до 26,8 мм в августе. Кстати в конце сентября они имели минимальное значение в 16,4 мм. В итоге было отмечено раннее пожелтение березовой листвы и ее преждевременный опад.

Летом 2017 года были проведены наблюдения за влагосодержанием в профиле чернозема в июне и августе, но уже во всем почвенном профиле (табл. 4).

Таблица 4

Общие (числитель) и продуктивные (знаменатель) запасы влаги по профилю чернозема, мм в (2017 г.). Отдельная строка – дефицит почвенной влаги

Горизонт	Глубина, см	24.06.17	19.08.17
А	3-29	<u>54,5</u>	<u>101,8</u>
		24,0	71,2
Дефицит влаги		63,8	16,5
АВк	29-56	<u>47,7</u>	<u>80,3</u>
		25,1	57,7
Дефицит влаги		46,4	13,8
Вк	56-112	<u>77,0</u>	<u>97,3</u>
		42,8	63,1
Дефицит влаги		132,4	112,1

24 июня в гумусовом горизонте мощностью 26 см общие запасы влаги оказались равны 54,5 мм, а продуктивные только 24, мм. При этом дефицит воды превысил 60 мм (рис. 2). В переходном слое АВк толщиной 27 см эти же запасы воды составили 47,7 и 25,1 мм соответственно. Но в иллювиальном горизонте Вк мощностью 56 см доступная влага опустилась до 42,8 мм при дефиците 132,4 мм. В итоге почвенный профиль чернозема оказался иссушен, поэтому поливная норма для верхнего 26-ти см слоя увеличилась почти до 64 мм или 640 м³/га. К концу августа гидрофизическое состояние в генетических горизонтах за счет прошедших дождей улучшилось. Продуктивные влагозапасы в гумусово-аккумулятивном горизонте стали очень хорошими (71,2 мм). Аналогичные изменения были отмечены и в переходном слое, а в иллювиальном увеличились незначительно (только на 20 мм), поэтому дефицит почвенной влаги здесь остался высоким.

Таким образом, исследования, проведенные в 2014-2017 годах, показали, что водный режим в профиле чернозема обыкновенного под березовыми насаждениями большую часть вегетации оставался напряженным, поэтому возникла необходимость в гидромелиорации различными поливными нормами в зависимости от формирующегося гидрологического состояния.

Выводы

1. Летом 2014 года в первой половине вегетации влагозапасы в гумусовом горизонте оказались довольно высокими (около 90 мм), но затем перешли в ранг удовлетворительных. В результате продолжительное время гумусовый слой чернозема испытывал дефицит доступной влаги, в почвообразующей породе дефицит влаги с конца июня до начала сентября превышал 40 мм, в результате чего поливные нормы составили здесь 400-450 м³/га.

2. В мае 2016 года продуктивные влагозапасы в гумусовом горизонте очень хорошие (свыше 60 мм), но к середине июня за отсутствием осадков эти показатели резко снизились и стали неудовлетворительными. В результате возникла потребность в орошении поливной нормой 831 м³/га. С начала августа началось постепенное иссушение почвенного профиля, и возник дефицит доступной влаги.

3. В 2017 году наблюдалась аналогичная гидрофизическая ситуация. Таким образом, исследования, проведенные нами с 2014 по 2017 гг. показали, что водный режим в профиле чернозема большую

часть вегетации оставался напряженным, поэтому возникала необходимость в гидромелиорации различными поливными нормами в зависимости от формирующегося гидрологического состояния.

Литература

1. Абаимов В.Ф. Дендрология. - М.: Академия, 2009. – 363 с.
2. Булыгин Н.Е. Дендрология. - М.: Агропромиздат, 1985. – 280 с.
3. Салин, Б.Н. Исследование физико-механических свойств композиционных материалов из древесины, полученных без использования связующих веществ / Б.Н. Салин, Ю.Г. Скурыдин, М.М. Чемерис, С.В. Макарычев и др. // В сборнике: Экспериментальные методы в физике структурно-неоднородных сред. Тр. Всероссийской научно-техн. конф. – Барнаул, 1997. - С. 47-50.
4. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почвы /А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
5. Болотов А.Г. Расчет энергии водоудерживающей способности почвы через почвенно-гидрологические константы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 11. С. 34-36
6. Болотов А.Г. Гидрофизическое состояние почв юго-востока Западной Сибири: дисс. ... доктора биол. наук. - М.: МГУ имени М. В. Ломоносова. - 2017. – 351 с.
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. Бурлакова, Л.М. Почвы Алтайского края: учеб. пособ. / Л.М. Бурлакова, Л.М. Татаринцев, В.А. Рассыпнов. – Барнаул, 1988. - 69 с.
9. Лебедева Л.В. Влагосодержание и теплофизические свойства почв под древесными фитоценозами в условиях дендрария // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 8 (154). С. 67-71.

Referances

1. Abaimov V.F. Dendrologia. - M.: Akademia, 2009. – 363 p.
2. Bulygin N.E. Dendrologia. - M.: Agropromizdat, 1985. – 280 p.
3. Salin, B.N. Issledovanie fiziko-mehaniicheskikh svoystv kompozichionnykh materialov iz drevesiny, poluchennykh bez ispolzovaniya svyazuyushchih veshchstv / B.N. Salin, U.G. Skurydin, M.M. Cheremis, S.V. Makarychev i dr. // V sbornike: Experimentalnye metody v fizike neodnorodnykh sred. Tr. Vseros. Nauchno-tehn. Konf. – Barnaul, 1997. - P. 47-50.
4. Vadyunina, A.F. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochvy / A.F. Vadyunina, Z.A. Korchagina. – M.: Agropromizdat, 1986. – 416 p.
5. Bolotov A.G. Raschet energii vodouderjivayushchey sposobnosti pochvy cherez pochvenno-gidrologicheskie konstanty // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 11. P. 34-36
6. Bolotov A.G. Gidrofizicheskoe sostoianie pochv yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri: diss. ... doktora biol. nauk. - M.: MGU imeni M. V. Lomonocova. - 2017. – 351 p.
7. Bolotov, A.G. Vodouderjivayushchaia sposobnost pochv Altayskogo kraia / A.G. Bolotov, E.V. Shein, C.V. Makarychev // Pochvovedenie. 2019. № 2. P. 212-219.
8. Burlakova, L.M. Pochvy Altayskogo kraia: ucheb. posob. / L.M. Burlakova, L.M., Tatarinchev, V.A. Rassypnov. – Barnaul, 1988.–69 p.
9. Lebedeva L.V. Vlagosoderjanie i teplofizicheskie svoystva pochv pod drevesnymi fitocenoziami v usloviakh dendrarii // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – №8(154). – P.67-71.

Данные об авторе:

Макарычев Сергей Владимирович, профессор кафедры геодезии и физики, доктор биологических наук, профессор

e-mail: Makarychev1949@mail.ru

Алтайский государственный аграрный университет

Ул. Папанинцев, д. 122, 656031, Барнаул, Россия

Data about the author:

Makarychev Sergey Vladimirovich, Professor of geodesy and physics Department, doctor of biological Sciences, Professor

Altai State Agrarian University

Papanintsev st., 122, 656031, Barnaul, Russia

Рецензент: Шабанов В.В., д.т.н., профессор кафедры мелиорации и рекультивации РГАУ-МСХА