

10. Akulenko Yu.N., Bivalkevich V.I. Problemy orosheniya zemel ravninnogo Altaya. – Barnaul, 1995 – 184 s.

11. Davydov A.S., Ermakova K.S., Gornostal R.G. Efficiency of Cultivating Corn for Grain under Irrigation in the Prialeyskaya Steppe // International Scientific and Practical Conference “Agro-SMART - Smart Solutions for Agriculture” (Tyumen, Russia. 16-19 July, 2019) // KnE Life Sciences. – 2019. – p. 1222-1231. DOI: 10.18502/cls.v4i14.5720.

12. Makannikova M.V. i dr. Osobennosti vzdelyvaniya risa kak perspektivnoy kultury dlya Amurskoy oblasti // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 1 (25). – S. 22-28.

13. Yust N.A., Gorbacheva N.A. Vliyanie predpolivnogo poroga vlazhnosti na strukturu summarnogo vodopotrebleniya soi na lugovochernozemovidnykh pochvakh. // Nauchnaya zhizn. – 2017. – No. 2. – S. 41-48.



УДК 631.445.4:635.2(571.15)

Л.В. Терновая, С.В. Макарычев, А.А. Томаровский  
L.V. Ternovaya, S.V. Makarychev, A.A. Tomarovskiy

## ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ НАД РЕЖИМОМ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАПУСТЫ

### THE MANAGEMENT OF SOIL MOISTURE REGIME IN WHITE CABBAGE GROWING

**Ключевые слова:** чернозем выщелоченный, капуста, влажность, температура, дефицит влаги, орошение, поливная норма.

Важным фактором в обеспечении населения овощами является повышение продуктивности овощных культур. В то же время увеличение урожайности зависит от общезначимых, водных, тепловых и физико-химических параметров почвы. Капуста белокочанная выращивается по всей России, но в большей степени – в Европейской нечерноземной зоне и в Сибири, где занимает около 50% площади овощей. Капуста требовательна к почвенному увлажнению и аэрации, но не переносит длительного застоя воды. В июне 2006 г. она была на стадии третьего листа. Но доступные запасы влаги в гумусовом горизонте летом были ниже требуемого уровня. Их минимум пришелся на конец июня (всего 15,7 мм), а также на август и сентябрь. Выпавшие в начале июля дожди увлажнили верхний 20-сантиметровый слой почвы до 31,6 мм. Но во второй половине вегетации влажность в почвенном профиле продолжала падать. Таким образом, в 20-сантиметровом слое чернозема в течение вегетации наблюдался дефицит доступной влаги, и капуста нуждалась в орошении. При этом поливные нормы в летнее время

должны были составлять от 209 т/га 12.07 до 368 т/га 25.06. Продуктивные запасы влаги в 2007 г. в слое 0-20 см превышали необходимую норму только до 30 июня. Но к 28 июля величина доступной влаги уменьшилась до 2,2 мм. Поэтому требовались поливы нормами от 184 т/га 17 августа до 345 т/га в сентябре. Особым являлся срок 28 июля, когда почва нуждалась в поливе объемом 503 м<sup>3</sup>/га по причине почти полного иссушения. Итак, растения капусты в течение вегетации испытывали дефицит почвенного увлажнения, что обусловило резкое уменьшение ее урожайности. В этой связи исследования в области агрофизики и гидромелиорации могут помочь в оценке состояния водных и тепловых ресурсов в почвенном профиле, а также в регулировании его гидротермического режима и в определении поливных норм при возделывании овощных культур.

**Keywords:** leached chernozem, white cabbage, moisture content, temperature, moisture deficit, irrigation, irrigation rate.

An important factor in vegetable supply to the population is to increase the productivity of vegetable crops. At the same time, the increase of productivity depends

on the general physical, water, thermal and physico-chemical indices of the soil. White cabbage is grown throughout Russia, but to a greater extent - in the European non-chernozem zone and in Siberia where it occupies about 50% of the area under vegetable crops. The white cabbage is sensitive to soil moisture and aeration but it does not tolerate long water stagnation. In June 2006, the cabbage under study was at the 3-leaf stage. But the available moisture reserves in the humus horizon in summer were below the required level. The minimum moisture holding occurred at the end of June (15.7 mm only) and lasted through August and September. The rainfall in early July moistened the upper 20 cm soil layer to 31.6 mm. But in the second half of the growing season, the moisture content in the soil profile continued to decrease. Thus, the available moisture deficit was observed in a 20 cm layer of chernozem during the growing season, and the white cabbage crops needed to

be irrigated. The irrigation rates in the summer should have been from 209 t ha (July 12) to 368 t ha (June 25). The available moisture in 2007 in a layer of 0-20 cm exceeded the required rate only until June 30. But by July 28, the amount of available moisture decreased to 2.2 mm. Therefore, the following irrigation rates were required: from 184 t ha (August 17) to 345 t ha in September. The day of July 28 was a special day when the soil needed to be irrigated with a volume of 503 m<sup>3</sup> ha due to almost complete drying. So, the cabbage plants were deficient in soil moisture during the growing season which decreased its productivity dramatically. In this regard, the research in the field of agrophysics and irrigation and drainage may help in assessing the state of water and thermal resources in the soil profile as well as in its hydrothermal regime management and determination of irrigation rates in vegetable growing.

**Терновая Лариса Викторовна**, к.с.-х.н., доцент, каф. водопользования и мелиорации, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

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

**Томаровский Алексей Анатольевич**, к.с.-х.н., доцент, декан фак-та природообустройства, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Ternovaya Larisa Viktorovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Water Management and Amelioration, Altai State Agricultural University. 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.

**Tomarovskiy Aleksey Anatolyevich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Dean, Environmental Engineering Dept., Altai State Agricultural University. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

### Введение

Производство овощей включает значительный набор культурных растений, которые относятся к разнообразным биологическим видам. Издавна известно, что урожай овощей определяется не только плодородием почвы, но и ее агрофизическими и климатическими показателями. Это, прежде всего, режимы тепла и влаги, которые зависят как от внешних климатических факторов, так и от особенностей корневой системы и листовой поверхности растения.

На данный момент вопросы управления гидротермическим режимом, формирующимся в почве под овощными культурами в условиях правобережья реки Оби, изучены

не до конца. Поэтому исследования процессов аккумуляции и распространения тепла и влаги в почве остаются актуальными. При этом важным фактором в обеспечении населения овощами является повышение продуктивности овощных культур. В то же время увеличение урожайности, к примеру, капусты или свёклы, напрямую зависит от общефизических, водных, тепловых и физико-химических свойств почвы.

Капуста белокочанная (*Brassica capitata* Litzg.) семейства Капустные (*Brassicaceae*) выращивается по всей России, но в большей степени – в Европейской нечерноземной зоне и в Сибири, где занимает около 50% площади овощей. Она имеет хорошие вку-

совые качества и лечебные свойства, а также содержит каротин, витамины С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, Р, К, минеральные соли и углеводы. При выращивании из семян капуста имеет стержневой корень, проникающий до 1 метра в почвенную толщу. Остальные корни горизонтальные. Стержневой корень при посадке рассадой отсутствует, поэтому развивается мочковатая корневая система до глубины 70-80 см [1, 2].

По сравнению с другими овощными культурами капуста более требовательна к почвенному увлажнению и аэрации, но не переносит длительного застоя воды, при котором корни начинают погибать уже через 12 ч. Взрослое растение капусты в течение образования кочана расходует около 15-20 л за один полив, причем на транспирацию уходит до 10 л за сутки, а на получение кочана в 2 кг требуется до 200 л воды.

### Объекты и методы

**Цель** работы – исследование водного режима почвы и расчет поливных норм при возделывании овощей в условиях правобережья р. Оби. Объектами изучения явились черноземы выщелоченные и поздний гибрид капусты «Колобок F 1». При этом влажность почвы измерялась весовым методом в летнее время подекадно через каждые 10 см до 1 м в течение 2005-2007 гг. [3]. Кроме того, определялись суточные суммы температур согласно руководству по градиентным наблюдениям с помощью электротермометров и расчетных методов [4-8].

### Результаты исследований

Зима 2005-2006 гг. холодная и снежная. Переход к весне наблюдался 14 апреля при недоборе осадков (45% от нормы). Летом было тепло и сыро. Осадки за вегетации составили 197 мм.

Зимой 2006-2007 гг. отсутствовали сильные морозы при большом количестве снега. Переход температуры атмосферы через десять градусов имел место 21 апреля. Было аномально жарко с 21.04 по 20.05. Осадки выпали только в мае. Лето было довольно теплое. За вегетацию количество атмосферных осадков не превысило 121 мм.

Учеными за показатель влажности региона принят ГТК (гидротермический коэффициент). Данный коэффициент введен климатологом Г.Т. Селяниновым, согласно которому ГТК от 0,6 до 1,0 определяет период как засушливый; от 1,1 до 1,5 – влажный; от 1,6 до 2,0 – избыточно влажный [9]. Условия района исследований за многолетний период соответствовали ГТК от 0,9 до 1,1. Как правило, засушливые годы повторяются через 3-4 года [10].

Максимум ГТК пришелся на июль 2006 г., когда выпало 127 мм дождей. Следующий год (2007 г.) был менее влажным, ГТК колебался от 0,25 до 0,72 практически всю вегетацию, за исключением июля. В этот год май и июнь можно определить как «влажные», а следующие месяцы – засушливые. В целом величина ГТК за период вегетации в исследуемые годы составила 0,8-1,0, что свидетельствовало о недостаточном увлажнении.

Плотность гумусового горизонта исследованного чернозема 1,15 г/см<sup>3</sup>, но в иллювиальном оказалась равной 1,59 г/см<sup>3</sup> (табл. 1).

В гумусовом горизонте порозность достигает 54% от объема почвы, но вниз по профилю снижается до 38%. Это является следствием высокого содержания органики и оструктуренности, воздействия на почву корневых систем растений и почвенной фауны, а также отсутствия давления со стороны почвенной толщи. Порозность аэрации пахотного слоя составляет 17,7 %, что соот-

ветствует нормальным условиям воздухоудержания [11, 12].

**Таблица 1**  
**Плотность и гидрологические константы чернозема выщелоченного**

Горизонт	h, см	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	BЗ, мм	НВ, мм
Ап	0-29	1,15	12,6	101,3
АВ	29-45	1,22	16,0	58,4
В	45-58	1,40	13,1	38,6
ВС	58-75	1,59	17,8	44,1
С	75-100	1,59	23,9	63,6

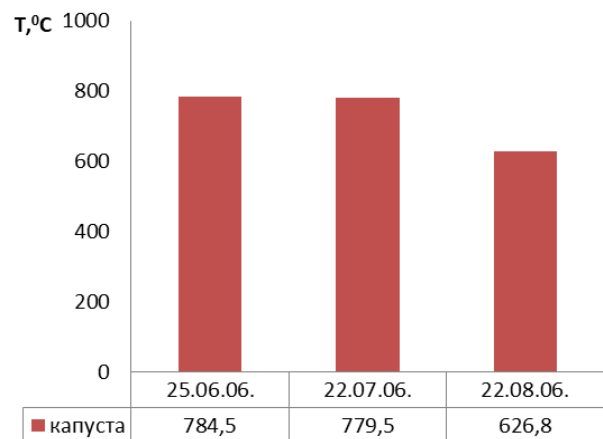
Влажность завядания (ВЗ) определяет содержание воды в почве, при котором возникают признаки завядания растений [13, 14]. В почвенном профиле исследованного чернозема она меняется от 8,5 до 6,0%. Такого увлажнения допускать нецелесообразно, т. к. начинается отставание растений в росте, сбрасываются листья, что резко снижает урожай.

Наименьшая влагоёмкость (НВ) характеризует максимальное количество воды, которое удерживается в почве при отсутствии подпора со стороны грунтовых вод. Она определяет верхний предел оптимального увлажнения почвы. По профилю чернозема НВ уменьшаются от 30,4% в пахотном горизонте до 16,0% в почвообразующей породе.

Температура почвы и атмосферного воздуха является важным фактором произрастания овощных культур. Она непосредственно влияет на развитие и функционирование корневой системы и на усвоение питательных элементов растениями. Температура свыше 30°C оказывает негативное воздействие на фотосинтез и продукционный процесс.

Распространение поступающего в почву тепла зависит от её влагосодержания. Влажная почва имеет высокую теплоемкость, за счет чего процессы прогревания и охлаждения замедляются. Одним из главных параметров, дающим представление о режиме тепла в почве [12], является сумма температур ее профиля. Изменение этой суммы в гумусовом горизонте представлено на рисунке 1. Их максимальное значение в 2006 г. зафиксировано в июне. С течением времени оно понижалось. В июле прошли обильные дожди, при которых сумма температур уменьшилась.

Изменения чернозема в 2006 г. выражены довольно слабо, поскольку период вегетации был теплым, хотя уже в мае количество осадков составило только 30% от нормы.



**Рис. 1. Суммарные суточные температуры в пахотном горизонте почвы под капустой в период вегетации 2006 г.**

В июле осадки составили 191% от нормы, что увеличило на величину общих и доступных запасов влаги (табл. 2).

14 июня капуста была на стадии третьего листа. Нужно отметить, что оптимальные запасы продуктивной влаги для гумусового горизонта А должны составлять 78,7 мм, а для 20 см – 52,5 мм. Именно здесь формируется поверхностная корневая система ка-

пусты. Анализируя данные таблицы 2, можно убедиться в том, что доступные запасы в пахотном горизонте в течение всей вегетации были ниже требуемого уровня. Их минимум пришелся на конец июня (всего 16 мм).

Июльские дожди увеличили запас влаги в гумусовом горизонте почвы до 32 мм. Тем не менее влагосодержание в почвенной толще постепенно снижалось. Небольшое увеличение влажности под капустой наблюдалось в результате увлажняющего дождевания. Под влиянием транспирации влаги капустой естественные запасы влаги в метровой толще чернозема достигли 239 мм.

Дожди в конце июля не повлияли на запасы воды как в гумусовом горизонте, так и во всем профиле почвы. К сентябрю капуста прекратила свой рост, поэтому транспирация снизилась, и запасы воды в корнеобитаемом слое увеличились. В профиле чернозема за вегетацию максимальные ПЗВ изменялись в малых пределах (133,6-140,0 мм). Увеличение их происходило лишь за счет выпадавших дождей.

Результаты исследований, представленные в таблице 2, дают возможность заключить, что верхний 20-сантиметровый слой

чернозема в течение всей вегетации испытывал дефицит доступной влаги, а капуста нуждалась в орошении. При этом поливные нормы в летнее время должны были составлять от 209 т/га 12.07 до 368 т/га 25.06. При этом доступные запасы влаги в слое 1 м в течение всего вегетационного периода держались на удовлетворительном уровне, находясь в узком интервале от 130 до 140 мм. Поскольку корни капусты распространяются до глубины 70-80 см, то теоретически они могли использовать влагу подстилающих горизонтов, но основная их масса без поливов находилась в угнетенном состоянии.

Характер изменений температур и запасов влаги под капустой в течение лета 2007 г. представлен на рисунке 2 и в таблице 3. К началу июля температура почвы измерялась на фоне осадков, что предопределило их малую суточную сумму.

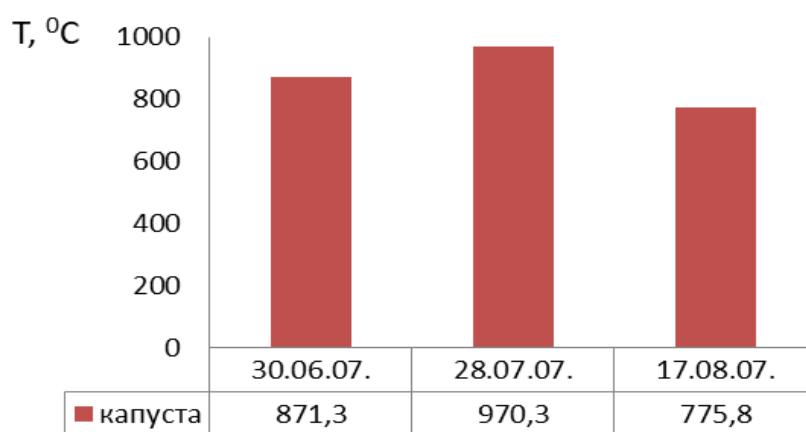
Анализ рисунка 2 указывает на то, что сумма температур в пахотном горизонте довольно велика. Это результат малого количества осадков и высокой дневной температуры. В 2007 г. май и июнь оказались влажными, но затем наблюдалось иссушение почвенного профиля (табл. 3).

Таблица 2

**ОЗВ (числитель) и ПЗВ (знаменатель) запасы воды в почве под капустой в теплое время 2006 г., мм. Δ – недостаток доступной влаги, мм**

h, см	Срок наблюдений					
	14.06	25.06	12.07	22.07	22.08	05.09
0-20	<u>43,5</u>	<u>34,3</u>	<u>50,2</u>	<u>45,2</u>	<u>37,0</u>	<u>36,5</u>
	24,9	15,7	31,6	26,6	18,4	17,9
Δ, 0-20	27,6	36,8	20,9	25,9	34,1	34,6
0-50	<u>110,5</u>	<u>105,8</u>	<u>111,9</u>	<u>111,9</u>	<u>97,0</u>	<u>98,1</u>
	60,5	55,8	61,9	61,9	47,0	48,1
0-100	<u>233,9</u>	<u>238,6</u>	<u>238,8</u>	<u>233,5</u>	<u>233,5</u>	<u>239,9</u>
	134,0	138,7	138,9	133,6	133,6	140,0





**Рис. 2. Суточная сумма температур в гумусовом горизонте чернозема под капустой в летнее время 2007 г.**

**Таблица 3**

**ОЗВ (числитель) и ПЗВ (знаменатель) запасы воды в почве под капустой в течение вегетации 2007 г. Δ – дефицит влаги, мм**

h, см	Срок наблюдений						
	17.06	30.06	14.07	28.07	17.08	26.08	05.09
0-20	<u>47,2</u>	<u>85,4</u>	<u>53,6</u>	<u>21,8</u>	<u>53,6</u>	<u>40,6</u>	<u>37,6</u>
	27,7	65,9	32,6	2,2	34,1	21,1	18,0
Δ, 0-20	24,8	+13,4	19,9	50,3	18,4	31,4	34,5
0-50	<u>116,1</u>	<u>182,2</u>	<u>134,1</u>	<u>65,5</u>	<u>134,1</u>	<u>94,3</u>	<u>106,0</u>
	66,0	132,1	78,5	15,4	83,9	44,1	55,8
0-100	<u>231,8</u>	<u>313,4</u>	<u>272,1</u>	<u>158,9</u>	<u>272,1</u>	<u>176,1</u>	<u>233,9</u>
	130,3	211,9	172,7	57,4	170,6	74,7	132,5

Продуктивные запасы влаги в слое 0-20 см превышали необходимую норму, равную 0,75НВ, только 30 июня, когда оказались равны 65,9 мм. В июле увлажнение снижалось, и к 28 июля величина продуктивной влаги уменьшилась до 2,2 мм, т.е. практически до нуля. В метровом слое чернозема ПЗВ 28.07 составили всего 57,4 мм, а 28.08 – только 74,7 мм, что по классификации А.Ф. Вадюниной приравнивается в первом случае к уровню «очень плохих», а во втором – к «плохим». Следовательно, возникла необходимость в оросительных мелиорациях. Для этого требовались поливы до глубины 20 см нормами от 184 т/га 17 августа до 345 т/га в сентябре. Особым является

срок 28 июля, когда почва нуждалась в поливе объемом 503 м<sup>3</sup>/га по причине почти полного иссушения.

В этой связи исследования в области агрофизики и гидромелиорации позволяют учитывать естественное состояние водных и тепловых ресурсов в почвенном профиле, регулировать его гидротермический режим и определять величины поливных норм при возделывании той или иной овощной культуры. Эти результаты могут быть использованы в разработке новых и совершенствовании существующих агрометеорологических приёмов сохранения почвенной влаги и улучшения водного режима почв.

**Выводы**

1. Максимум ГТК пришелся на июль 2006 г., когда выпало 127 мм осадков. Но в мае этот показатель составил только 0,25. Следующий 2007 г. был менее влажным, а ГТК изменялся за вегетацию в границах от 0,25 до 0,72. В целом его величина в исследуемые годы составляла 0,8-1,0, что свидетельствовало о недостаточном увлажнении.

2. 14 июня 2006 г. капуста была на стадии третьего листа. Но при этом доступные запасы в пахотном горизонте в течение всей вегетации были ниже требуемого уровня. Их минимум имел место в конце июня (всего 16 мм). Июльские дожди увеличили влажность пахотного слоя почвы до 32 мм. С течением времени иссушение почвенного профиля продолжилось. Осадки третьей декады июля не изменили запасов влаги под капустой.

3. В 20-сантиметровом слое чернозема в течение всей вегетации наблюдался дефицит доступной влаги, и капуста нуждалась в орошении. При этом поливные нормы в летнее время должны были составлять от 209 т/га 12.07 до 368 т/га 25.06.

4. Продуктивные запасы влаги в 2007 г. в слое 0-20 см превышали необходимую норму, равную 0,75НВ, только 30 июня. В июле увлажнение снижалось, и к 28 июля величина продуктивной влаги уменьшилась до 2,2 мм. Следовательно, возникала необходимость в оросительных мелиорациях. Для этого требовались поливы нормами от 184 т/га 17 августа до 345 т/га в сентябре. Особым являлся срок 28 июля, когда почва нуждалась в поливе объемом 503 м<sup>3</sup>/га по причине почти полного иссушения.

**Библиографический список**

1. Пиуновский, Б. А. Практикум по мелиоративному земледелию / Б. А. Пиуновский. –

Москва: Колос, 1978. – 271 с. – Текст: непосредственный.

2. Тараканов, Г. И. Овощеводство: учебник / Г. И. Тараканов, В. Д. Мухин, К. А. Шуин [и др.]; под редакцией: Г. И. Тараканова и В. Д. Мухина. – Москва: Колос, 2002. – 472 с. – Текст: непосредственный.

3. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с. – Текст: непосредственный.

4. Шеин, Е. В. Агрофизика: учебник / Е. В. Шеин, В. М. Гончаров. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006 – 400 с. – Текст: непосредственный.

5. 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.

6. Макарычев, С. В. Система термостатирования для исследования теплофизических свойств почв / С. В. Макарычев, Ю. В. Беховых, А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 6. – С. 23-27.

7. Болотов, А. Г. Метод определения температуропроводности почвы / А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 7 (129). – С. 74-79.

8. 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. 24-28.

9. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / под редакцией

Б. Б. Шумакова. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 415 с. – Текст: непосредственный.

10. Воробьева, Р. П. Проведение почвенно-мелиоративной оценки на Лосихинской ОС: отчет АФ ФГУП НИИССВ «Прогресс» / рук. Р. П. Воробьева; исп. Ю. Г. Килина [и др.]. – Барнаул, 2005. – 18 с.

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

12. Макарычев, С. В. Особенности теплофизического состояния пахотных выщелоченных черноземов Приобья / С. В. Макарычев. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2007. – № 8. – С. 949-953.

13. Кружилин, А. С. Выращивание овощных культур и картофеля при орошении / А. С. Кружилин. – Москва: Россельхозиздат, 1975. – 116 с. – Текст: непосредственный.

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. Piunovskiy B.A. Praktikum po meliorativnomu zemledeliyu. – Moskva: Kolos, 1978. – 271 s.

2. Tarakanov G.I. Ovoshchevodstvo: uchebnik / G.I. Tarakanov, V.D. Mukhin, K.A. Shuin [i dr.]; pod red. G.I. Tarakanova i V.D. Mukhina. – Moskva: Kolos, 2002. – 472 s.

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

4. Shein E. V. Agrofizika: uchebnik / E.V. Shein, V.M. Goncharov. – Rostov n/D.: Feniks, 2006. – 400 s.

5. Bolotov A.G. Elektronnyy izmeritel temperatury pochvy / A.G. Bolotov, S.V. Makary-

chev, Yu.V. Bekhovykh // Problemy prirodopolzovaniya na Altae. – sb. nauch. tr. molodykh uchenykh. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2001. – S. 55-57.

6. Makarychev S.V. Sistema termostatirovaniya dlya issledovaniya teplofizicheskikh svoystv pochvy / S.V. Makarychev, Yu.V. Bekhovykh, A.G. Bolotov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 6. – S. 23-27.

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

8. Shein E.V. Modelirovanie teplovogo rezhima pochvy po amplitude temperatury prizemnogo vozdukha / E.V. Shein, A.G. Bolotov, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2017. – No. 7. – S. 24-28.

9. Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. Oroshenie: spravochnik / pod red. B.B. Shumakova. – Moskva: Agropromizdat, 1990 – 415 s.

10. Vorobeveva R.P. Provedenie pochvenno-meliorativnoy otsenki na Losikhinskoy OS: otchet AF FGUP NIISV «Progress»; ruk. R.P. Vorobeveva; isp. Kilina Yu.G. [i dr.]. – Barnaul, 2005. – 18 s.

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

12. Makarychev S.V. Osobennosti teplofizicheskogo sostoyaniya pakhotnykh vshchelochennykh chernozemov Priobya // Pochvovedenie. – 2007. – No. 8. – S. 949-953.

13. Kruzhilin A.S. Vyrashchivanie ovoshchnykh kultur i kartofelya pri oroshenii. – Moskva: Rosselkhozizdat, 1975. – 116 s.

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.

