

16. Puzachenko, Yu. G. Informacionnyj metod izucheniya rasprostraneniya zaboлевaniy / Yu. G. Puzachenko, A. V. Moshkin. – Tekst: neposredstvennyj // Itogi nauki. Seriya: Med. Geografiya. – Moskva: Izd-vo VINITI, 1969. – Vyp. 3. – S. 5-71.

17. Pivovarova, E. G. Reshenie voprosov prostranstvennoj i vremennoj variacii agrohimičeskikh svojstv pochv s pomoshch'yu informacionno-logičeskogo analiza / E. G. Pivovarova. – Tekst: neposredstvennyj // Agrohimiya. – 2006. – № 8. – S. 77-84.

18. Pochvy Altajskogo kraja. – Moskva: Izd-vo AN SSSR, 1959. – 381 s. – Tekst: neposredstvennyj.

19. Pivovarova, E. G. Regional'nye etalony pochv kak indikatory agrogennoj transformacii ih agrohimičeskikh svojstv / E. G. Pivovarova, L. A. Fedchenko. – Tekst: neposredstvennyj //

Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu: sbornik materialov: v 2 knigah / XV Mezhdunarodnaya nauchno-praktičeskaya konferenciya (12-13 marta 2020 g.). – Barnaul: RIO Altajskogo GAU, 2020. – Kn. 1. – S. 282-284.

20. Puzachenko, Yu. G. Vozmožnosti primeniya informacionno-logičeskogo analiza pri izuchenii pochvy na primere ee vlazhnosti / Yu. G. Puzachenko, L. O. Karpachevskij, N. A. Vznuzdaev. – Tekst: neposredstvennyj // Zakonomernosti prostranstvennogo var'irovaniya svojstv pochv i informacionno-statističeskie metody ih izucheniya. – Moskva: Nauka, 1970. – S. 103-121.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 18-44-22003 и Минобрнауки Алтайского края Н-40.



УДК 630*114:631.436:630(571.15)

Н.И. Зайкова, С.В. Макарычев
N.I. Zaykova, S.V. Makarychev

ОСОБЕННОСТИ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ В ПРОФИЛЕ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ РЕКИ ОБИ

FEATURES OF WATER CONTENT IN THE PROFILE OF THE BLACK SOIL WHEN CULTIVATING RED BEETS IN TERMS OF THE RIGHT BANK OF THE OB RIVER

Ключевые слова: чернозем, свёкла, дисперсность, плотность, влажность, дефицит влаги, орошение, поливная норма.

Обязательным условием получения высоких урожаев столовой свёклы является повышение плодородия почвы с помощью создания оптимальных гидротермических режимов в генетических горизонтах почвенного профиля. Объектами наших исследований были выбраны чернозёмы выщелоченные и свёкла столовая сорта Несравненная А-0463, расположенные в Первомайском районе Алтайского края на территории Лосихинской оросительной системы. Изучение возможностей гидромелиорации требует рассмотрения генетических, физических и водно-физических особенностей подлежащей орошению

почвы. Гранулометрический состав чернозема среднесуглинистый, но почвообразующая порода представляет собой легкий суглинок. Плотность сложения чернозема выщелоченного увеличивается с глубиной. Почва малогумусная, поэтому в иллювии количество органики не превышает 0,4%. Наименьшая влагоемкость максимальна в гумусовых, наиболее рыхлых, горизонтах. При НВ порозность аэрации весьма мала, что может затруднить дыхание растений. Общие запасы влаги в корнеобитаемом слое в мае 2011 г. были небольшими. Летом осадков оказалось крайне мало, а температура воздуха превышала 30° практически в течение всей вегетации. В результате уже к концу мая недостаток влаги достиг 85 мм, а в августе увеличился до 117 мм. В июле резко возросло водопотребление, поэтому требова-

лось интенсивное орошение поливной нормой 800-1000 т/га. В августе при наборе массы корнеплода и при более значительном дефиците почвенной воды свёкла нуждалась в поливе объемом до 1170 м³/га. Весной 2012 г. из-за малоснежной зимы увлажнение почвы не превышало 123 мм. Уже 26.06 дефицит влаги оказался равен 112 мм. Июльские осадки увеличили ОЗВ, но с 20.07 резко вырос недостаток влаги и продолжал увеличиваться до конца вегетации. В результате урожайность свёклы составила в 2011-2012 гг. только 18 и 6,5 т/га соответственно.

Keywords: *chernozem, beet, dispersion, density, humidity, moisture deficiency, irrigation, irrigation rate.*

A prerequisite for obtaining high yields of red beets is to increase soil fertility by creating optimal hydrothermal regimes in the genetic horizons of the soil profile. The objects of our research were the leached chernozem (black soil) and the red beet variety named Nesravnenaya A-0463 available on the territory of the Losikhinskaya Irrigation System in the Pervomaisky district of the Altai Territory. The study of the possibilities of hydro-reclamation requires consideration of the genetic, physical and water-physical characteristics of the soil to be irrigated. The granulometric composition of the

chernozem is medium-loamy, but the soil-forming rock is a light loam. The bulk density of the leached chernozem increases with depth. The soil is low-humus, so the amount of organic matter in illuvium does not exceed 0.4%. The lowest moisture capacity is maximum in humus, the loosest horizons. In HB, the porosity of aeration is very small, which can make it difficult for plants to breathe. The total moisture reserves in the root layer in May 2011 were not large. In the summer, there was very little precipitation, and the air temperature exceeded 30 degrees almost during the entire growing season. As a result, by the end of May, the lack of moisture reached 85 mm, and in August, the lack of moisture increased by 117 mm. In July, water consumption increased sharply, so intensive irrigation with an irrigation rate of 800-1000 t/ha was required. In August, with the weight gain of the root crop and with a more significant shortage of soil water, the beet needed watering with a volume of up to 1170 m³ / ha. In the spring of 2012, due to a low-snow winter, the soil moisture did not exceed 123 mm. Already on June 26, the moisture deficit was equal to 112 mm. July precipitation increased the total moisture content, but from July 20 the lack of moisture increased sharply and continued to increase until the end of the growing season. As a result, the beet yield in 2011-2012 was only 18 and 6.5 t / ha, respectively.

Зайкова Наталья Ивановна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: fpo.s@yande.ru.

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

Zaykova Natalia Ivanovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: fpo.s@yande.ru.

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

Введение

Начиная с 90-х годов прошлого столетия, в России производство продукции сельского хозяйства на орошаемых землях упало так, что гидромелиорации перестали иметь существенное значение, особенно на территории Юго-Западной Сибири. Значительно пострадало техническое состояние систем орошения, сильно упала культура поливного земледелия. Тем не менее в Алтайском крае накоплен большой опыт по эксплуатации орошаемых земель, который указывает на высокий потенциал, направленный на обеспечение населения продуктами сельскохозяйственного производства [1-3]. При этом необходимо соотносить интенсификацию производства за счет гидромелиорации и требования экономической и экологической целесообразности, что требует квалифицированного научного обоснования поливных и оросительных норм, а

также соответствующей технологии и машинно-го парка.

Обязательным условием при этом является повышение плодородия почвы для получения высокой урожайности зерновых культур и овощей с помощью создания оптимальных гидротермических режимов в генетических горизонтах почвенного профиля [4-6].

Вместе с тем ресурсы тепла и влаги, формирующиеся в орошаемых чернозёмах, занятых овощными культурами в Алтайском Приобье, остаются малоизученными. Поэтому процессы аккумуляции и переноса влаги и тепла в почве при орошении столовой свёклы весьма актуальны.

Объекты и методы

Объектами исследований были выбраны чернозёмы выщелоченные и свёкла столовая сорта Несравненная А-0463. Исследования, свя-

занные с необходимостью орошения, проведены в Первомайском районе Алтайского края на территории Лосихинской оросительной системы.

Цель – изучение динамики влагосодержания в профиле чернозема и его дефицита при возделывании свёклы столовой.

Задача – экспериментальное измерение агрофизических показателей, температуры и влажности чернозема в течение вегетации. При этом использовались метод взвешивания при определении влажности почвы [7] и почвенные электротермометры [8-10].

Результаты исследований

Столовая свёкла сорта Несравненная А-0463 имеет приплюснутый округлый корнеплод темно-фиолетовой или красной окраски. Ее корневая система имеет стержневой корень, от которого параллельно семядолям в двух направлениях расположены всасывающие корни.

Исследование возможностей гидромелиорации требует рассмотрения ряда генетических, физических и водно-физических особенностей подлежащей орошению почвы. Любой почвенный профиль подразделяется на ряд горизонтов, которые применительно к выщелоченному

чернозему можно представить с помощью выражения:

$$Ап (0-20 \text{ см}) + АВ (20-30 \text{ см}) + В (30-65 \text{ см}) + ВС (65-100 \text{ см}) + С (> 100 \text{ см}),$$

где гор. Ап – темно-серого цвета, средний суглинок, рыхлый, содержащий большое количество корней; АВ – серо-бурый рыхлый легкосуглинистый с единичными корнями; иллювиальный гор. В белесого оттенка, суглинистый, плотный; гор. ВС – темно-бурый средний суглинок, бесструктурный.

Гранулометрический состав чернозема характеризуется большим количеством крупной пыли (до 70%). Илистая фракция составляет от 15% в пахотном слое до 24% в иллювиальном. Наличие глинистых частиц свидетельствует о близости к среднему суглинку, а в почвообразующей породе имеет место легкосуглинистый состав (табл. 1).

Таблица 2 содержит показатели общих физических свойств и содержание гумуса.

Плотность сложения чернозема выщелоченного увеличивается с глубиной с 1,23 до 1,59 г/см³, а плотность твердой фазы – от 2,68 до 2,73 г/см³. Почва малогумусная, поэтому уже в иллювии количество органики не превышает 0,4%.

Таблица 1

Элементы гранулометрического состава, мм (% от массы почвы)

Горизонт	Глубина, см	0,25-0,05	0,05-0,01	Менее 0,001	Менее 0,01
Ап	0-20	29,7	39,3	15,1	29,9
АВ	20-30	32,3	31,0	17,7	28,5
В	30-65	28,5	38,2	24,3	32,2
ВС	65-100	37,6	34,6	18,3	25,3

Таблица 2

Плотность сложения и плотность твердой фазы (г/см³), гумус (%) и порозность (% от объема) выщелоченного чернозема (2011 г.)

Горизонт	Глубина, см	Плотность	Плотность твердой фазы	Общая порозность	Гумус
Ап	0-20	1,23	2,58	52,2	3,9
АВ	20-30	1,28	2,66	51,9	1,4
В	30-65	1,46	2,64	43,7	0,4
ВС	65-100	1,59	2,73	41,8	0,1

Водно-физические показатели выщелоченного чернозема (%) и порозность аэрации при НВ (2011 г.)

Горизонт	Глубина, см	ВЗ	ВРК	НВ	ПВ	Паэ
A _{пах}	0-20	6,9	21,3	30,4	43,1	12,7
AB	20-30	6,2	20,9	29,9	40,5	10,6
B	30-65	8,1	16,9	21,9	32,5	10,4
BC	65-100	6,0	11,4	18,0	27,8	9,8

Данные таблицы 3 дают представление о значениях гидрологических постоянных чернозема.

Растения в исследованном черноземе испытывают водный дефицит при влажности завядания (ВЗ), равной 6-8% в зависимости от глубины горизонта. В суглинистых почвах большое значение имеет влажность разрыва капиллярных связей (ВРК), которая характеризует связность водного тела в поровом пространстве почвы. При уменьшении влажности оно разрывается на ряд отдельных заполненных водой пор, разделенных воздушными пробками. В результате резко падает теплопроводящая способность почвы. При более высоком увлажнении скорость распространения тепла также снижается. Таким образом, ВРК определяет экстремальные значения коэффициентов теплопередачи в почвенном профиле. Максимум НВ отмечен в гумусовых, наиболее рыхлых, горизонтах, но в плотном иллювиальном она не превышает 18% от объема. При этом порозность аэрации весьма мала, что может затруднять дыхание растений, или газообмен.

Следует отметить, что количество осадков за вегетацию с мая по сентябрь 2011 г. составило только 141 мм, сумма активных температур оказалась равной 2411°, а гидротермический коэффициент – только 0,68. Величина атмосферных осадков за май довольно мала, только 32 мм (80% от нормы), а за июнь – 29 мм (54%). Засушливыми были также июль и август. При этом максимальная дневная температура колебалась от 29 до 32°C [11].

В 2012 г. основная масса осадков выпала 8 июля (64 мм), а со второй декады и до конца вегетации проходили слабые дожди, поэтому почва постепенно иссушалась. И только в сентябре увлажнение чернозема достигло своей

многолетней нормы (34 мм). Температура воздуха, начиная с середины июня и до второй декады августа, изменялась в пределах от 30 до 37°C. Температура почвы в полдень достигала 46°C. В целом за летние месяцы количество атмосферных осадков не превысило 179 мм, а сумма активных температур за то же время достигла 2687°C, ГТК при этом был равен 0,78.

В таблице 4 содержатся данные по сумме суточных температур в почвенном профиле (0-100 см) летом 2011 и 2012 гг. Температура измерялась каждые 3 ч с помощью датчиков, установленных через каждые 10 см [8-10].

Таблица 4

Сумма суточных температур (ΣT) чернозема в слое 0-100 см под свёклой столовой

18-19.06.2011 г.	23-24.07.2011 г.	24-25.08.2011 г.
1328	1084	931
16-17.06.2012 г.	21-22.07.2012 г.	18-19.08.2012 г.
1240	1156	985

Как показывают данные таблицы 4, интегральное количество температур за сутки максимально в середине июня, поскольку для Алтая это самый теплый месяц. Так, в 2011 г. ΣT составила 1328°, что выше, чем в то же время 2012 г. К концу июля в годы наблюдений она снизилась в первом случае на 300, а во втором – на 100°. В августе сумма температур стала еще меньше (менее 1000°C). В итоге напряженный температурный режим, который наблюдался с начала июня до середины июля, к августу ослабел.

Влагообеспеченность растений свёклы является главным условием, что определяет ее оптимальное развитие и формирование корнеплода. Продуктивные запасы влаги в корнеобитае-

мом слое почвы в совокупности с тепловыми ресурсами напрямую увеличивают урожайность культуры. Измерения влажности и температуры почвы проводились через каждые 10 см до глубины 60 см, поскольку именно в этой толще располагается корневая система свёклы. Результаты наблюдений за водным режимом чернозема, находящегося в богарных условиях, показаны в таблице 5.

Для определения поливной нормы, необходимой для орошения исследованного нами участка, воспользовались уравнением:

$$M = 100 \cdot h \cdot (U_{нв} - U_0),$$

где h – корнеобитаемый слой почвы, м;

ρ – плотность сложения, т/м³;

$U_{нв}$ – влажность почвы после полива, соответствующая НВ;

U_0 – влажность почвы перед поливом, % от массы почвы [12].

Анализируя данные таблицы 5, можно отметить, что общие запасы влаги в корнеобитаемом слое в мае 2011 г. были невелики, хотя дефицит увлажнения в этот момент был наименьшим. Как отмечено выше, атмосферных осадков выпало недостаточно, а температуры воздуха и тем более почвы превышали 30° практически в течение всей вегетации. В результате уже к концу мая недостаток влаги достиг 85 мм. До середины августа он колебался в диапазоне 70-80 мм, за исключением 06.07, когда прошел дождь. К началу августа дефицит влаги продолжал увеличиваться и составил 117 мм.

Для столовой свёклы к концу июля фаза ее развития достигла момента формирования кор-

неплода – начала созревания. В данный период растение интенсивно увеличивало зелёную массу за счет листовой поверхности, а также за счет созревания корнеплода. Резко возросло водопотребление, а недостаток влаги составлял от 77 до 98 мм для 60-сантиметровой толщи почвы. Требовалось интенсивное орошение поливной нормой 800-1000 т/га. В августе при наборе массы корнеплода и при более значительном дефиците почвенной воды объем поливной воды стал больше (до 1170 м³/га).

Весной 2012 г. из-за малоснежной зимы влагосодержание в 60-сантиметровом слое чернозема составило только 123 мм. После прошедших слабых дождей оно постепенно падало, а 26.06 дефицит влаги оказался равен 112 мм. Июльские осадки увеличили ОЗВ до 142 мм, но уже с 20.07 резко вырос недостаток продуктивной влаги (до 100 мм) и увеличивался до конца вегетации, достигая 118 мм. В результате уже 26 июня растение нуждалось в орошении поливной нормой 7500 т/га, а затем вплоть до созревания она должна была возрасти.

Таким образом, знание почвенной влажности позволило сделать вывод о том, что динамика влагосодержания в почве под столовой свёклой на богаре в теплое время года полностью зависела от количества атмосферных осадков и температурных условий. В результате урожай свёклы на участке без орошения в 2011 г. составил 18,3, а в 2012 г. – только 6,5 т/га. В то же время при орошении он оказался равен 50,5 и 48,4 т/га соответственно.

Таблица 5

Динамика влагосодержания и дефицита влаги (мм) в черноземе за вегетацию при возделывании столовой свёклы в богарных условиях (слой 0-60 см)

2011 г.									
15.05	26.05	05.06	13.06	24.06	06.07	23.07	01.08	18.08	08.09
145	114	119	128	122	147	101	93	82	82
Дефицит влаги									
54	85	80	71	77	52	98	106	117	117
2012 г.									
22.05	03.06	16.06	26.06	10.07	16.07	20.07	29.07	06.08	22.08
123	115	106	87	148	112	99	86	83	85
Дефицит влаги									
76	84	93	112	51	87	100	113	116	118

Выводы

1. Гранулометрический состав чернозема среднесуглинистый, но почвообразующая порода представляет собой легкий суглинок. Плотность сложения чернозема выщелоченного увеличивается с глубиной с 1,23 до 1,50 г/см³. Почва малогумусная, поэтому уже в иллювии количество органики не превышает 0,4%.

2. Наименьшая влагоемкость оказалась максимальной в гумусовых, наиболее рыхлых, горизонтах, но в плотном иллювиальном она составила лишь 18% от объема. При этом порозность аэрации весьма мала, что может затруднять дыхание растений или газообмен.

3. Сумма суточных температур максимальна в середине июня. Так, в 2011 г. она составила 1328°, что выше, чем в то же время 2012 г. К концу июля снизилась, а в августе опустилась за 1000°C. В итоге напряженный температурный режим, который наблюдался с начала июня до середины июля, к августу ослабел.

4. Общие запасы влаги в корнеобитаемом слое в мае 2011 г. были небольшими. Летом осадков оказалось крайне мало, а температура воздуха превышала 30°C практически в течение всей вегетации. В результате уже к концу мая недостаток влаги достиг 85 мм. К началу августа дефицит влаги продолжал увеличиваться и составил 117 мм.

5. В июле резко возросло водопотребление, а недостаток влаги составлял от 77 до 98 мм для 60-сантиметровой толщи почвы. Требовалось интенсивное орошение поливной нормой 800-1000 т/га. В августе при наборе массы корнеплода и при более значительном дефиците почвенной воды свёкла нуждалась в поливе объемом до 1170 м³/га.

6. Весной 2012 г. из-за малоснежной зимы влагосодержание в 60-сантиметровом слое чернозема составило только 123 мм. Уже 26 июня дефицит влаги оказался равен 112 мм. Июльские осадки увеличили ОЗВ до 142 мм, но уже с 20 июля резко вырос недостаток продуктивной влаги (до 100 мм) и продолжал увеличиваться до конца вегетации.

Библиографический список

1. Каштанов, А. Н. Проблемы современного земледелия и мелиорации / / А. Н. Каштанов, А. С. Извеко. – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 1994. – № 3. – С. 13-14.

2. Заносова, В. И. Водно-ресурсный потенциал Западно-Сибирского региона / В. И. Заносова, Е. С. Зайковская. – Текст: непосредственный // Проблемы рационального природопользования в Алтайском крае: сборник научных трудов / АГАУ. – Барнаул, 2005. – С. 13-33.

3. Давыдов, А. С. Пути предотвращения негативных последствий орошения чернозёмов и каштановых почв степного Алтая / А. С. Давыдов. – Текст: непосредственный // Проблемы орошения почв Сибири: тезисы докладов научной конференции. – Барнаул, 1988. – С. 86.

4. Макарычев, С. В. Теплофизические основы мелиорации почв: учебное пособие / С. В. Макарычев, М. А. Мазиров. – Москва, 2004. – 278 с. – Текст: непосредственный.

5. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв / Ф. Р. Зайдельман. – Москва: Изд-во МГУ. – 304 с. – Текст: непосредственный.

6. Макарычев, С. В. Физические основы экологии: учебное пособие / С. В. Макарычев, М. А. Мазиров. – Владимир: Изд-во НИИСХ, 2000. – 242 с. – Текст: непосредственный.

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

8. 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. 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.

10. Болотов, А. Г. Автоматизированная система для исследования теплофизических характеристик почв / А. Г. Болотов, С. В. Макарычев, А. А. Левин. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2002. – № 3 (7). – С. 20-22.

11. Макарычев, С. В. Термический режим выщелоченного чернозема Алтайского Приобья в зависимости от характера агроценоза / С. В. Макарычев. – Текст: непосредственный // Водно-пищевой режим почв и его регулирование при возделывании сельскохозяйственных культур в Алтайском крае. – Барнаул, 1981. – С. 24-32.

12. Алпатьев, С. М. Методические указания по расчетам режимов орошения сельскохозяйственных культур на основе биоклиматического метода / С. М. Алпатьев. – Киев: Природа, 1967. – 30 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Kashtanov, A. N. Problemy sovremennogo zemledeliya i melioracii / / A. N. Kashtanov, A. S. Izveko. – Текст: непосредственный // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – 1994. – № 3. – С. 13-14.

2. Zanosova, V. I. Vodno-resursnyj potencial Zapadno-Sibirskogo regiona / V. I. Zanosova, E. S. Zajkovskaya. – Текст: непосредственный // Problemy racional'nogo prirodopol'zovaniya v Altajskom krae: sbornik nauchnyh trudov / AGAU. – Barnaul, 2005. – С. 13-33.

3. Davydov, A. S. Puti predotvrashcheniya negativnyh posledstvij osheniya chernozyomov i kashtanovyh pochv stepnogo Altaya / A. S. Davydov. – Текст: непосредственный // Problemy osheniya pochv Sibiri: tezisy dokladov nauchnoj konferencii. – Barnaul, 1988. – С. 86.

4. Makarychev, S. V. Teplofizicheskie osnovy melioracii pochv: uchebnoe posobie / S. V. Makarychev, M. A. Mazirov. – Moskva, 2004. – 278 s. – Текст: непосредственный.

5. Zajdel'man, F. R. Melioraciya pochv / F. R. Zajdel'man. – Moskva: Izd-vo MGU. – 304 s. – Текст: непосредственный.

6. Makarychev, S. V. Fizicheskie osnovy ekologii: uchebnoe posobie / S. V. Makarychev, M. A. Mazirov. – Vladimir: Izd-vo NIISKH, 2000. – 242 s. – Текст: непосредственный.

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

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

9. Opredelenie profil'nogo raspredeleniya temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverhnosti / E. V. SHein, A. G. Bolotov, M. A. Mazirov, A. I. Martynov. – Текст: непосредственный // Zemledelie. – 2018. – № 7. – С. 26-29.

10. Bolotov, A. G. Avtomatizirovannaya sistema dlya issledovaniya teplofizicheskikh karakteristik pochv / A. G. Bolotov, S. V. Makarychev, A. A. Levin. – Текст: непосредственный // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2002. – № 3 (7). – С. 20-22.

11. Makarychev, S. V. Termicheskij rezhim vyshchelochennogo chernozema Altajskogo Priob'ya v zavisimosti ot haraktera agrocenoza / S. V. Makarychev. – Текст: непосредственный // Vodno-pishchevoj rezhim pochv i ego regulirovanie pri vzdelyvanii sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Altajskom krae. – Barnaul, 1981. – С. 24-32.

12. Alpat'ev, S. M. Metodicheskie ukazaniya po raschetam rezhimov osheniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur na osnove bioklimaticheskogo metoda / S. M. Alpat'ev. – Kiev: Priroda, 1967. – 30 s. – Текст: непосредственный.

