

red. D. Shpaar. – M.: ID ООО «DLV AGRODELO», 2014. – 320 s.

6. Neklyudov A.F. Sevooborot osnova urozhaya. – Omsk: Om. kn. izd-vo, 1990. – 128 s.

7. Kholmov V.G., Yushkevich L.V. Intensifikatsiya i resursosberezhenie v zemledelii Zapadnoy Sibiri: monografiya. – Omsk: Izd-vo FGOU VO OmGAU, 2006. – 396 s.

8. Nekrasova E.V., Rendov N.A., Gladkikh A.V. Sroki seva golozernogo yachmenya pri raznom urovne khimizatsii // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 3 (113). – S. 5-9.



УДК 631.445.4:635.2

С.В. Макарычев, Л.В. Терновая
S.V. Makarychev, L.V. Ternovaya

ВЛАЖНОСТЬ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА, ЗАНЯТОГО ОВОЩНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

MOISTURE CONTENT AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM UNDER VEGETABLE CROPS

Ключевые слова: чернозем, влажность, объемная теплоемкость, теплопроводность.

Keywords: chernozem, moisture content, volumetric thermal capacity, thermal conductivity.

Характер изменения теплофизических свойств почвы определяется такими почвенно-физическими показателями, как влажность, гранулометрический состав, плотность, температура. Была исследована динамика теплофизических коэффициентов чернозема выщелоченного при возделывании капусты и свёклы в зависимости от погодных условий и режимов почвенного увлажнения. Оказалось, что летние осадки в годы наблюдений увлажняли преимущественно верхний гумусово-аккумулятивный горизонт и быстро расходовались на транспирацию и физическое испарение. Эти особенности обусловили варьирование коэффициентов теплоаккумуляции и теплопередачи генетических горизонтов чернозема. Наиболее высокие значения теплоемкости и теплопроводности имел агрофон, занятый капустой, а минимальные величины были отмечены на залежном участке. Определены также доли влияния климатических и почвенно-физических факторов на содержание в почве таких питательных элементов, как N-NO₃, P₂O₅ и K₂O. При этом тепло и влага оказывают наиболее существенное влияние на содержание питательных веществ.

The behavior of soil thermophysical properties is determined by such soil-physical indices as moisture content, particle-size composition, density and temperature. In this regard, the dynamics of the thermophysical coefficients of leached chernozem under cabbage and beet depending on the weather conditions and soil moisture regimes was studied. It was found that summer precipitation during the years of studies moistened mainly the top humus-accumulative horizon and was rapidly consumed for transpiration and physical evaporation. These peculiarities determined the variation of heat accumulation and heat transfer coefficients of chernozem genetic horizons. The highest values of thermal capacity and thermal conductivity were found in the soil background under cabbage, and the minimum values were found in a fallow field. The influence of climatic and soil-physical factors on the content of such nutrients as N-NO₃, P₂O₅ and K₂O was also determined. It was found that heat and moisture had the greatest effect on nutrient content.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.
Терновая Лариса Викторовна, к.с.-х.н., доцент, каф. гидравлики, с.-х. водоснабжения и водоотведения, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Ternovaya Larisa Viktorovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Hydraulics, Farm Water Supply and Water Disposal, Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Как известно, характер изменения теплофизических свойств генетических горизонтов чернозема выщелоченного опреде-

ляется в первую очередь влажностью, гранулометрическим составом, плотностью и другими агрофизическими показателями. Также из литературных источников следу-

ет, что изменение теплофизических коэффициентов генетических горизонтов почвы подчинено, прежде всего, их сезонной динамике увлажнения [1-5]. Тем не менее вопрос о влиянии овощных культур на теплофизические свойства почв требует дальнейшего исследования.

Известно, что капуста и свёкла по-разному реагируют на почвенное увлажнение. Капусте требуется более высокая влажность почвы. Она интенсивно расходует воду и отличается наибольшим водопотреблением. При недостатке влаги останавливается в росте и даёт плохой урожай. Свёкла умеренно требовательна, но расходует воду интенсивно. Ей нужно достаточное увлажнение, но при его недостатке она способна извлекать воду из глубинных почвенных слоев.

Объекты и методы

Объектами исследований явились черноземы выщелоченные и овощные культуры (свёкла и капуста). Цель – изучение режима влажности и динамики теплофизических свойств чернозема. Для определения общих физических свойств почвы пользовались методами, общепринятыми в почвоведении [6]. Теплофизические коэффициенты измерены с помощью цилиндрического зонда [7, 8]. Был применен также информационно-логический анализ.

Результаты исследований

Нами была исследована сезонная динамика теплофизических коэффициентов чернозема выщелоченного правобережья р. Оби при возделывании капусты и свёклы в зависимости от погодных условий и режимов почвенной влажности.

Согласно данным гранулометрического анализа в черноземе преобладают мелкий песок и крупная пыль, но распределение фракций по профилю равномерное. Микроагрегаты размером 0,010-0,005 мм, затрудняющие водо- и воздухопроницаемость и способствующие повышению испаряющей способности, содержатся в небольших количествах (≈7%). Фракция средней, мелкой пыли и ила по всем агрофонам варьирует незначительно.

Эти почвы малогумусные. Если в слое 0-15 см содержание гумуса составляет 4,6% на залежи, то под овощами – только 3,0%. В слое 15-30 см наблюдаются более низкие значения: соответственно, 0,8% на

залежи, 1% под капустой, 2,8% под свёклой.

Вода в почве является одним из условий ее плодородия. Недостаток воды в почве губительно отражается на урожае. В целом в пахотном горизонте различия в увлажнении под овощными культурами в 2006 г. были не велики (рис. 1) за исключением верхнего 10-сантиметрового слоя, что объясняется использованием увлажняющих поливов капусты.

В горизонтах В и С прослеживалась та же динамика, что и в пахотном. Наименьшие значения влажности наблюдались под залежным участком. Её изменения в августе происходили за счет выпавших осадков и утренней росы, что привело к меньшему расходу влаги и просачиванию её в нижние горизонты.

В 2007 г. увлажнение почвенных горизонтов носило более выраженных характер. Но по всем агрофонам оно было довольно близким по своим значениям. Наибольшая влажность наблюдалась 30 июня под капустой – 34,4% от веса почвы, свёклой – 33,6, на залежи – 20,4% в связи с выпадением осадков в день измерений. В августе повышение влажности также объяснялось выпавшими накануне осадками. Самые низкие значения влажности, близкие к влажности завядания, наблюдались в течение июля. Это можно объяснить небольшим количеством дождей в течение месяца (27 мм, или 43% от нормы). В то же время имели место высокие температуры воздуха в течение двадцати дней (до 31°C).

Из вышесказанного можно сделать вывод, что летние осадки в годы наблюдений увлажняли лишь пахотный слой и быстро расходовались на транспирацию и физическое испарение. В нижележащие горизонты поступало небольшое количество влаги, которая в засушливые периоды потреблялась корневой системой растений.

Все отмеченные особенности почвенного увлажнения определили варьирование объемной теплоемкости генетических горизонтов во времени и пространстве.

Изменения теплоемкости в 2006 г. в гумусово-аккумулятивном горизонте А выражены наиболее четко. Если в июне она была минимальной, то 22 июля после дождей составляла уже под капустой $2,1 \cdot 10^6$ Дж/(м³·К), а под свёклой – $2,2 \cdot 10^6$ Дж/(м³·К). В сентябре опять снизилась.

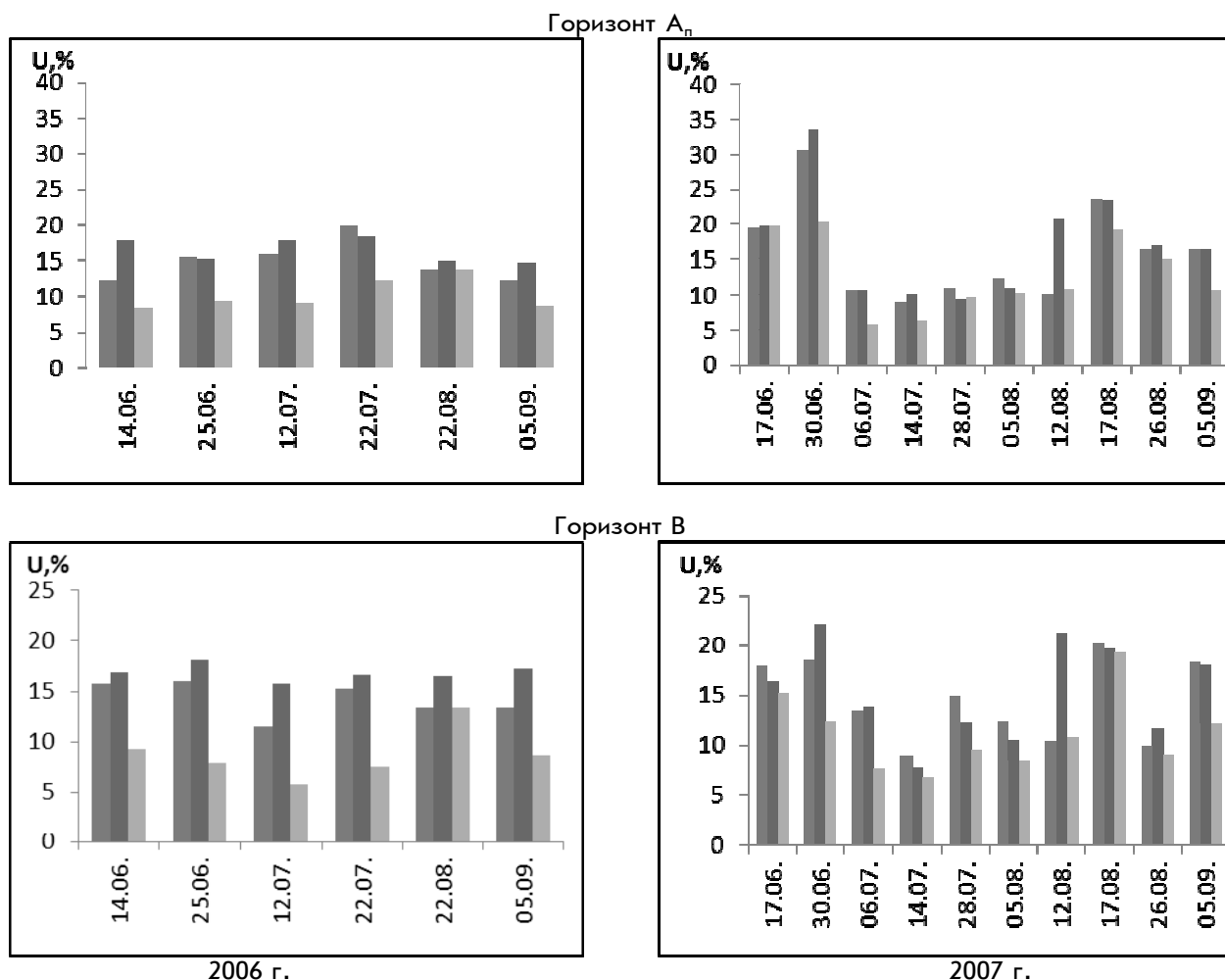


Рис. 1. Изменение влажности генетических горизонтов чернозема за вегетационный период 2006 и 2007 гг.:
■ – свёкла; ■ – капуста; ■ – залежь

На залежи значение объемной теплоемкости 14 июня оказалось наименьшим ($1,6 \cdot 10^6$ Дж/(м³·К), что объясняется сильным иссушением за счёт транспирации и физического испарения.

В иллювиальном горизонте В и в почвообразующей породе С динамика изменений теплоемкости сохранялась. Наиболее высокие значения имел агрофон, занятый капустой, а минимальные величины были отмечены на залежном участке, имеющем наиболее низкую влажность в течение всего вегетационного периода.

Значения теплоемкости летом 2007 г. имели более выраженный характер по сравнению с 2006 г. Минимум теплоемкости имел место в июле, т.к. за месяц выпала лишь половина нормы осадков и держались высокие дневные температуры. При этом среднесуточная температура составила 21°C. Максимум объемной теплоемкости наблюдался в конце июня на всех агрофонах и составлял около $3,0 \cdot 10^6$ Дж/(м³·К). В период наблюдений

прошли дожди. Наибольшие значения преобладали под капустой в связи со значительным влагосодержанием, обусловленным поливами.

Процесс обмена теплом между поверхностью почвы и её глубинными слоями тесно связан с теплопроводностью, определяемой совокупностью градиентов температур в различных почвенных слоях, и теплоемкостью почвы. Скорость теплообмена существенно зависит от влажности почвы. Изменение теплопроводности (λ) за вегетационный период 2006-2007 гг. представлено на рисунке 2.

В целом можно отметить, что динамика коэффициента теплопереноса схожа с изменениями теплоемкости. Лишь в отдельных случаях имеет место снижение температурных градиентов, поэтому величины изменений теплопроводности уменьшались. Во всех горизонтах в течение трех лет наибольшие значения теплопроводности были отмечены под капустой.

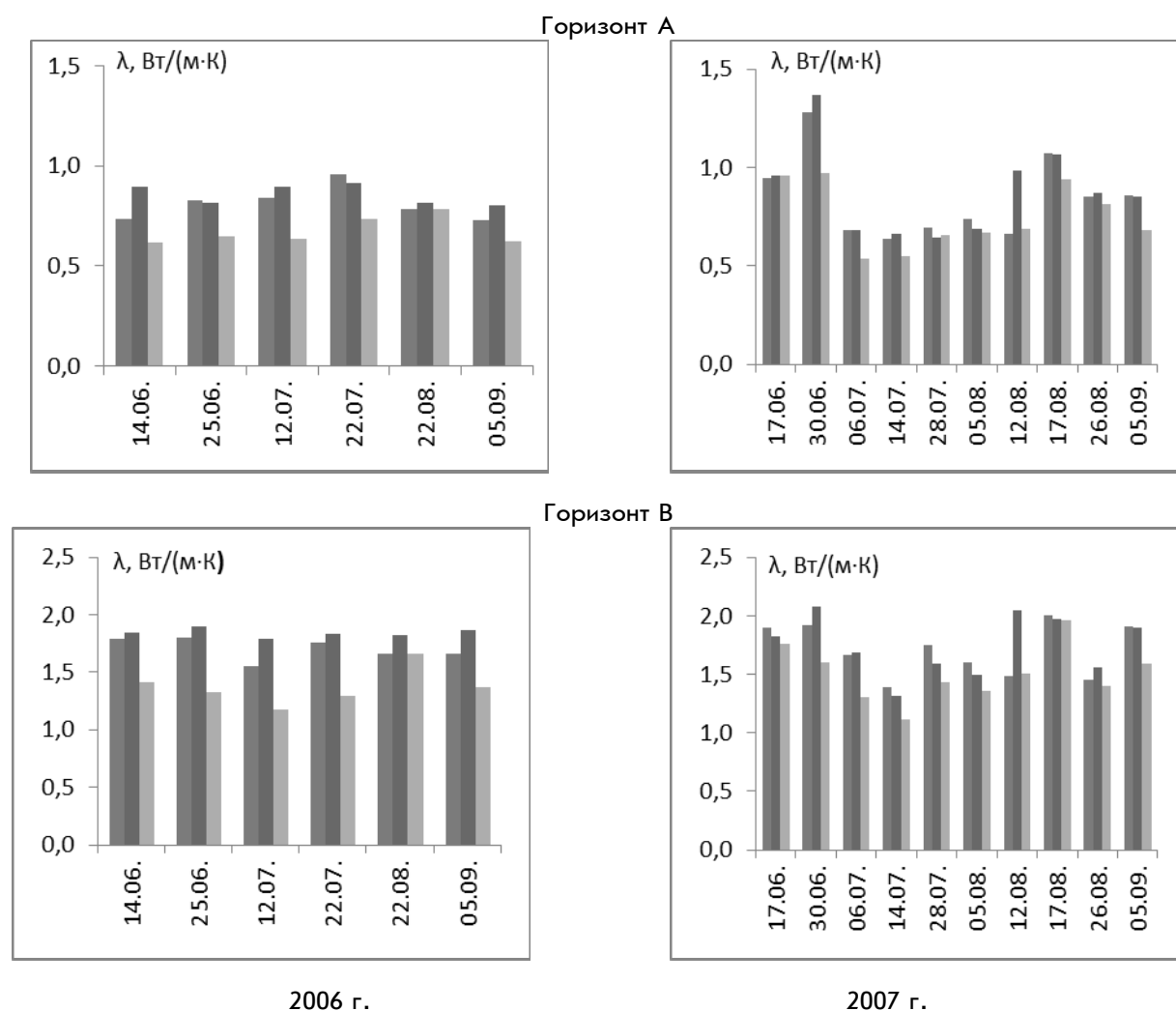


Рис. 2. Изменение теплопроводности генетических горизонтов чернозема за вегетационный период 2006 и 2007 гг.:

■ — свёкла; ■ — капуста; ■ — залежь

Таким образом, приведенные данные показали, что характер изменения объемной теплоемкости и теплопроводности на исследуемых вариантах одинаков, хотя степень их изменений имела свои особенности.

Для выявления зависимости влияния различных факторов на подвижные формы элементов питания результаты исследований были подвергнуты информационно-логическому анализу [9].

Из рисунка 3 следует, что под капустой влияние температуры, влажности и объемной теплоемкости одинаково при почвенном увлажнении порядка 30%. Под свёклой влияние различных факторов на элементы питания различно. Доля различных факторов влияния для питательных элементов

различна. Так, для азота ($N-NO_3$) на первом месте находится температура (32,06%), на втором – влажность и объемная теплоемкость (23,41%), на третьем – гидротермический (ГТК) (21,13%). На величину P_2O_5 равное влияние оказывает объемная теплоемкость и влажность (33,55%). Гидротермический коэффициент и температура составили 16,75 и 16,15% соответственно. Для K_2O на первом месте находится объемная теплоемкость (36,16%), на втором – температура, третьем – влажность (23,33%) и на четвертом – ГТК (15,83%).

Из проведенных расчетов следует вывод, что тепло и влага оказывают наиболее существенное влияние на содержание питательных веществ.

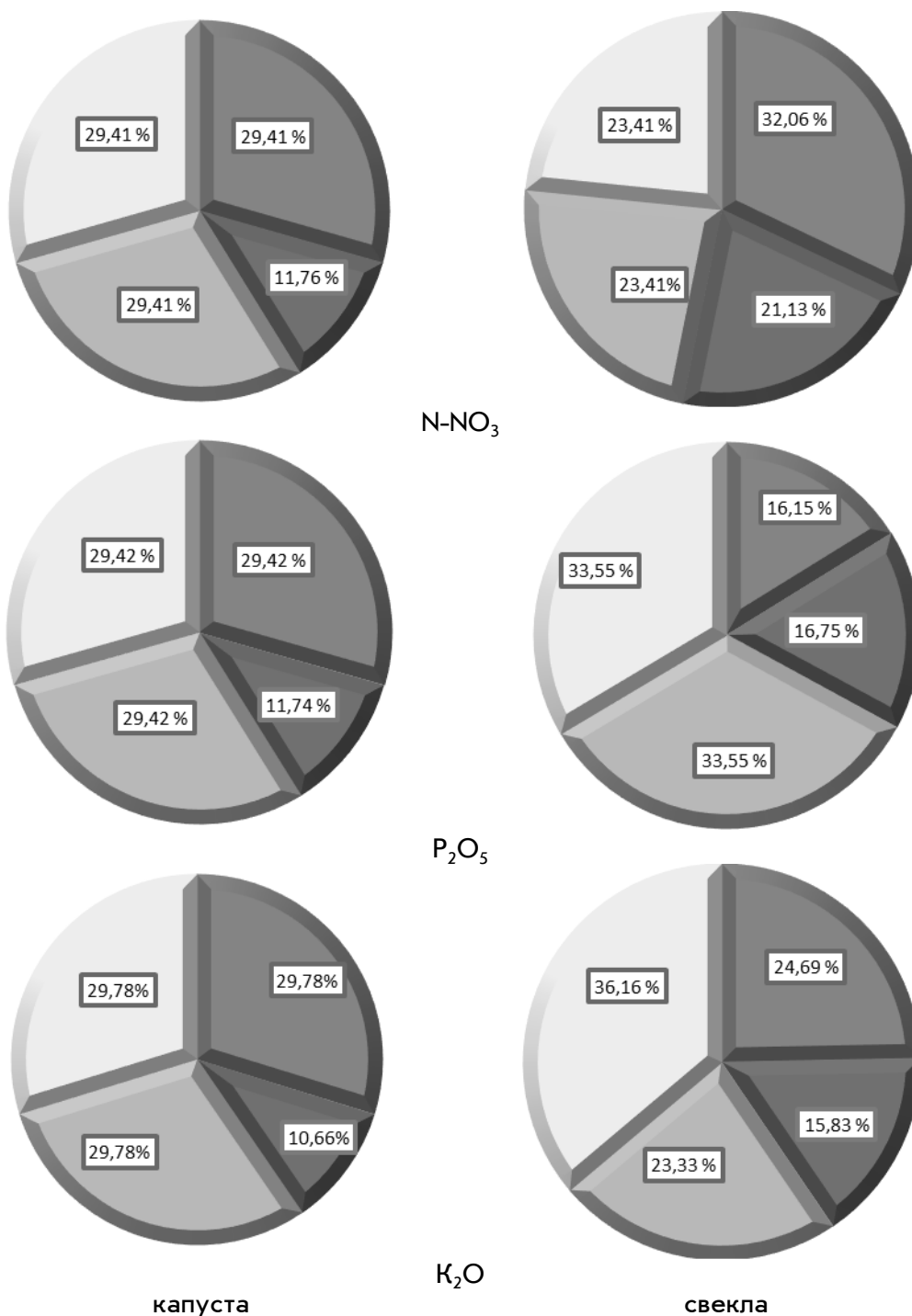


Рис. 3. Доля влияния различных факторов на содержание питательных веществ в почве:
■ – влажность (U, %); ■ – температура (T, °C); ■ – ГТК;
■ – объемная теплоемкость (C_p, 10⁶ Дж/м³К)

Заключение

Вода в почве является одним из условий ее плодородия. Но летние осадки в годы наблюдений увлажняли лишь пахотный слой и быстро расходовались на транспирацию и физическое испарение. Такие особенности почвенного увлажнения определили величины теплофизических коэффициентов.

Наиболее высокие значения объемной теплоемкости имел агрофон, занятый капустой, а минимальные величины были отме-

чены на залежном участке, имевшем низкую влажность в течение вегетации.

Полученные данные показали, что характер изменения теплоемкости и теплопроводности на исследуемых вариантах одинаков, хотя степень их изменения разная.

Были также определены доли влияния природно-климатических факторов на содержание в почве различных питательных элементов.

Библиографический список

1. Мазиров М.А., Макарычев С.В. Теплофизика почв: антропогенный фактор. – Суздаль: Изд-во ВлНИИСХ, 1997. – Т. 2. – 186 с.
2. Макарычев С.В. Особенности теплофизического состояния пахотных выщелоченных черноземов Приобья // Почвоведение. – 2007. – № 8. – С. 949-953.
3. Макарычев С.В., Гефке И.В., Шишкин А.В. Теплофизическое состояние черноземов плодовых садов Алтайского Приобья. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 190 с.
4. Макарычев С.В., Мазиров М.А. Теплофизические основы мелиорации почв: учебное пособие. – М., 2004.
5. Макарычев С.В., Гефке И.В. Коэффициенты аккумуляции и переноса тепла выщелоченных черноземов Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 3 (23). – С. 33-38.
6. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. – М.: Высшая школа, 1973. – 399 с.
7. Мазиров М.А., Макарычев С.В. Теплофизическая характеристика почвенного покрова Алтая и западного Тянь-Шаня. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2002. – 447 с.
8. Болотов А.Г. Определение теплофизических свойств почв с использованием систем измерения ZETLab // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 12. – С. 48-50.
9. Бурлакова Л.М. Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск: Наука СО, 1984. – 198 с.

References

1. Mazirov M.A., Makarychev S.V. Teplofizika pochv: antropogennyy faktor. – Suzdal: Izd-vo VINIISKh, 1997. – Т. 2. – 186 s.
2. Makarychev S.V. Osobennosti teplofizicheskogo sostoyaniya pakhotnykh vyshchelochennykh chernozemov Priobya // Pochvovedenie. – 2007. – № 8. – S. 949-953.
3. Makarychev S.V., Gefke I.V., Shishkin A.V. Teplofizicheskoe sostoyanie chernozemov plodovykh sadov Altayskogo Priobya. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 190 s.
4. Makarychev S.V., Mazirov M.A. Teplofizicheskie osnovy melioratsii pochv: uchebnoe posobie. – M., 2004.
5. Makarychev S.V., Gefke I.V. Koeffitsienty akkumulyatsii i perenosa tepla vyshchelochennykh chernozemov Altayskogo Priobya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2006. – № 3 (23). – S. 33-38.
6. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov. – M.: Vysshaya shkola, 1973. – 399 s.
7. Mazirov M.A., Makarychev S.V. Teplofizicheskaya kharakteristika pochvennogo pokrova Altaya i zapadnogo Tyan-Shanya. – Vladimir: Izd-vo VIGU, 2002. – 447 s.
8. Bolotov A.G. Opredelenie teplofizicheskikh svoystv pochv s ispolzovaniem sistem izmereniya ZETLab // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 12. – S. 48-50.
9. Burlakova L. M. Plodorodie Altayskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka SO, 1984. – 198 s.



УДК 626.8:631.61(571.150)

**В.В. Вольнов, А.В. Бойко, А.С. Чичкарев
V.V. Volnov, A.V. Boyko, A.S. Chichkarev**

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В БОРЬБЕ СО СТОКОМ ТАЛЫХ ВОД
И СМЫВОМ ПАХОТНЫХ ПОЧВ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

**EXPERIENCE OF USING ANTI-EROSION HYDRAULIC STRUCTURES TO CONTROL SNOWMELT
RUNOFF AND ARABLE SOIL WASHOUT ON SLOPE LANDS OF THE ALTAI REGION**

Ключевые слова: противоэрозионные гидротехнические сооружения, склоновые земли, сток талых вод, смыв почвы, водная эрозия, лесные полосы, контурно-полосная организация территории.

Keywords: anti-erosion hydraulic structures, slope lands, snowmelt runoff, soil washout, water erosion, forest belts, contour strip cropping.