

nauchno-prakt. konf. – Izhevsk: RIO IzhGSKhA, 2007. – S. 53-58.

4. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu nitrifikatsionnoi sposobnosti pochv. – M.: VPNO «Sel'khozkhimiya», 1984. – 16 s.

5. Makarov V.I., Shishkina G.M. Vliyanie dli-tel'nosti kompostirovaniya pochvy na ammonifi-katsionnuyu sposobnost' pochv // Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakt. konf. – Izhevsk: RIO IzhGSKhA, 2006. – S. 148-153.

6. Turchin F.V. Metody opredeleniya soedi-nenii azota v pochve // Agrokhimicheskie me-tody issledovaniya pochv. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1960. – S. 57-73.

7. Aleksandrova L.N., Naidenova O.A. La-boratorno-prakticheskie zanyatiya po poch-vovedeniyu. – L.: Agropromizdat, 1986. – 296 s.

8. Kiryushin V.I. Ekologicheskie osnovy zem-ledeliya. – M.: Kolos, 1996. – 387 s.

9. Makarov V.I. Osobennosti proyavleniya denitrifikatsii v dernovo-podzolistykh pochvakh // Nauka, innovatsii i obrazovanie v sovremen-nom APK. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Tom 1. – Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2014. – S. 33-35.

10. Strous M., Van Gerven E., Kuenen J.G., Jetten M. Effects of Aerobic and Microaerobic Conditions on Anaerobic Ammonium-Oxidizing (Anammox) Sludge // Appl. Environ. Microbi-ol. – 1997. – Vol. 63 (6). – R. 2446-2448.

11. Pat. 2537240 C1 Rossiiskaya Federatsiya MKP G01N 33/24 (2006.01). Laboratornyi sposob opredeleniya nitrifikatsionnoi sposobnos-ti pochvy / Makarov V.I.; zayavitel' i paten-toobladatel' FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA. – № 2113129190/15; zayavl. 25.06.2013; opubl. 27.12.2014, Byul № 36. – 4 s.



УДК 631.445.4(571.15)

С.В. Макарычев, А.Г. Болотов, И.А. Гончаров  
S.V. Makarychev, A.G. Bolotov, I.A. Goncharov

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА КОЭФФИЦИЕНТА ВЛАГОПРОВОДНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В САДАХ АЛТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ

### THE SEASONAL DYNAMICS OF HYDRAULIC CONDUCTIVITY COEFFICIENT OF LEACHED CHERNOZEM IN THE GARDENS OF THE PRIOBYE (THE OB RIVER AREA) OF THE ALTAI REGION

**Ключевые слова:** чернозем, влажность, ко-эффицент влагопроводности.

Закономерности формирования режима влаж-ности почвы в значительной степени определяются ее гидрофизическими свойствами, которые зави-сят от дисперсности, плотности, температуры почвенных горизонтов. При этом изучение дина-мики коэффициента влагопроводности почвенного профиля в естественных условиях под ягодными культурами и в пару необходимо для оценки воз-действия этих ценозов на влагоперенос в почве. Экспериментальное определение коэффициента влагопроводности с помощью центрифугирования позволило выявить определенные закономерности в режиме влагопереноса в разные по погодным условиям годы исследований (2012-2014 гг.). Летом 2012 г. под ягодными культура-ми формировался неблагоприятный водный ре-жим, при котором коэффициент влагопроводно-сти в первой половине вегетации в пахотном слое не превышал 1 см/сут., в результате чего капил-лярный водоток полностью отсутствовал, и влага находилась преимущественно в виде пленок. Начало вегетации 2013 г. было благоприятным в горизонтах А<sub>п</sub>, АВ и В влагопроводность достига-ла 10 см/сут. на всех вариантах, кроме пара. Но к середине июля растения испытывали дефицит почвенной влаги. Аналогичные измерения во вла-гопереносе наблюдались и в 2014 г. Исследования

показали, что оптимальное увлажнение чернозе-ма под ягодными культурами для гумусово-аккумулятивного и переходного горизонтов соот-ветствует влагопроводности 1,6 см/сут., для ил-лювиального – 0,9, а для почвообразующей по-роды – 0,3 см/сут.

**Keywords:** chernozem, moisture, hydraulic con-ductivity coefficient.

The patterns of soil moisture regime formation are largely determined by soil hydrophysical properties that depend on the dispersion, density and the tem-perature of soil horizons. The study of the hydraulic conductivity coefficient dynamics of the soil profile in natural conditions under berry crops and in a fallow is needed to estimate the effect of these cenosis on moisture transfer in the soil. The experimental deter-mination of the hydraulic conductivity coefficient by centrifugation revealed certain regularities in the re-gime of moisture transfer under different weather conditions of the study years (2012-2014). In the summer of 2012 an unfavorable water regime had formed under berry crops when the hydraulic con-ductivity coefficient during the first half of the grow-ing season in the arable layer was less than 1 cm per day; as the result there was no capillary water flow, and the moisture was mainly in the form of films. The beginning of the growing season in 2013 was favor-able, and in the horizons А<sub>p</sub>, АВ and В the hydraulic

conductivity reached 10 cm per day in all variants except for the fallow. But by the mid-July the plants suffered soil moisture deficiency. Similar values of moisture transfer were observed in 2014. The studies have revealed that the optimal moistening of the

chernozem under berry crops corresponds to the following hydraulic conductivity values: 1.6 cm per day for humus-accumulative and transitional horizons, 0.9 cm per day for illuvial horizon, and 0.3 cm per day for the parent rock.

**Макарычев Сергей Владимирович**, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-57. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Болотов Андрей Геннадьевич**, к.с.-х.н., доцент, каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

**Гончаров Илья Александрович**, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

**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.

**Bolotov Andrey Gennadyevich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

**Goncharov Ilya Aleksandrovich**, Post-Graduate Student, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

### Введение

Закономерности формирования режима влажности почвы в значительной степени определяются ее гидрофизическими свойствами, которые зависят от дисперсности, плотности, температуры почвы [1]. Это дает большие практические возможности для моделирования и прогнозирования гидромелиоративных мероприятий и обоснования рациональных мелиоративных технологий [2]. Для математического моделирования необходимо знать такие гидрофизические функции, как основная гидрофизическая характеристика (ОГХ) и функция влагопроводности (ФВ). Но на сегодняшний день в Алтайском крае практически отсутствуют данные о процессах формирования гидрофизического состояния почв. Поэтому комплексные исследования гидрофизических свойств и гидротермических режимов почвенного покрова во взаимосвязи с агротехникой выращивания сельскохозяйственных культур весьма актуальны.

К настоящему времени в почвенной гидрофизике сложились определенные представления о движении влаги в почве [3-6]. Наиболее точный подход основан на законе переноса, позволяющий количественно на основании законов термодинамики с применением значений давления почвенной влаги описывать направление влагопереноса и его интенсивность [7].

Как известно, гранулометрический состав, влажность почвы и другие факторы во многом определяют характер изменения гидрофизических свойств генетических горизонтов почвенного профиля и их динамику. Это, в свою очередь, оказывает существенное влияние на интенсивность процессов влагопереноса и влагонакопления в почве, что сказывается и на формировании режима влажности почвы.

Помимо этого существенную роль играют условия на верхней границе рассматриваемого слоя, снежный, растительный и другие по-

кровы, а также производственная деятельность человека. В результате изменения гидрофизических свойств почв могут быть неблагоприятными для растений и снижать их продуктивность.

Познание закономерностей формирования и проявления режима влажности в почвах садов Сибири важно в связи с необходимостью разработки приемов и технологий по направленному регулированию гидротермическому режиму почв. Кроме того, изучение динамики коэффициента влагопроводности почвенного профиля в естественных условиях под ягодными культурами и в пару необходимо для оценки воздействия той или иной культуры на влагоперенос в почве.

### Объекты и методы

**Целью** работы явилось экспериментальное определение коэффициента влагопроводности черноземов в течение вегетации в условиях плодово-ягодного сада. Объекты исследований – черноземы выщелоченные и такие ягодные культуры, как облепиха и жимолость. Для их изучения решалась **задача** измерения функции влагопроводности методом центрифугирования влажных образцов. Зависимость остаточной влажности образца от времени при постоянной скорости вращения центрифуги аппроксимировалась параболической функцией с применением линейной релаксационной модели, предложенной А.В. Смагиным [8].

### Результаты исследований

Для этого с апреля 2012 г. нами проводились исследования по выявлению особенностей сезонной динамики коэффициента влагопроводности генетических горизонтов выщелоченного чернозема в НИИС им. М.А. Лисавенко под различными плодово-ягодными культурами. Коэффициент влагопроводности получали из функции влагопроводности для определенной влажности почвы.

Так, в течение вегетационного периода 2012 г. значения коэффициента влагопроводности чернозема под ягодными культурами находились в диапазоне 0,1-1,0 см/сут. (рис. 1). Такие величины коэффициента влагопроводности не способны обеспечить достаточный поток влаги от корня к листьям, что вызывает некоторое обезвоживание клеток листа, в том числе и устьичных, что может вызвать их частичное закрытие и снижение транспирации. Поэтому растение способно в определенных пределах регулировать потоки влаги в системе, чтобы сохранить свой водный статус и не засохнуть.

В мае-июне иссушение почвы, не занятой растительностью, привело к снижению коэффициента влагопроводности к экстремаль-

но низким значениям (до  $10^{-5}$  см/сут.), при этом капиллярный водоток полностью отсутствовал, и влага находилась преимущественно в виде пленок.

В горизонтах В и Ск значения коэффициента влагопроводности в течение первой половины вегетационного периода находились в диапазоне 1-10 см/сут. (рис. 2-3), что обеспечивало снабжение культур легкодоступной влагой.

Дальнейшее снижение коэффициента влагопроводности указывает на то, что даже при возможных поливах или атмосферных осадках сухая почва будет проводить хуже воду, чем влажная, т.к. влагопроводность сухой почвы ниже, чем влажной.

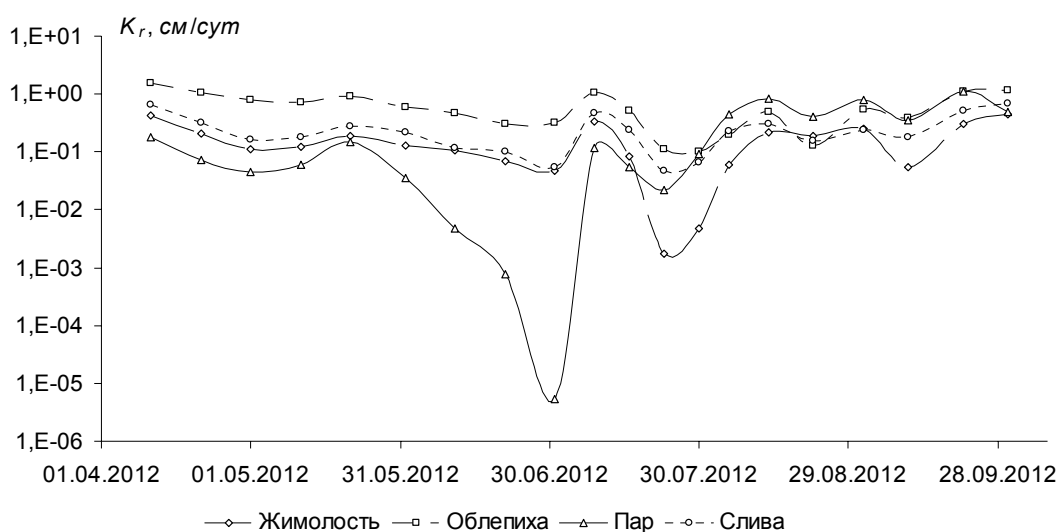


Рис. 1. Динамика коэффициента влагопроводности чернозема под ягодными культурами в течение вегетации 2012 г. (гор. Ап)

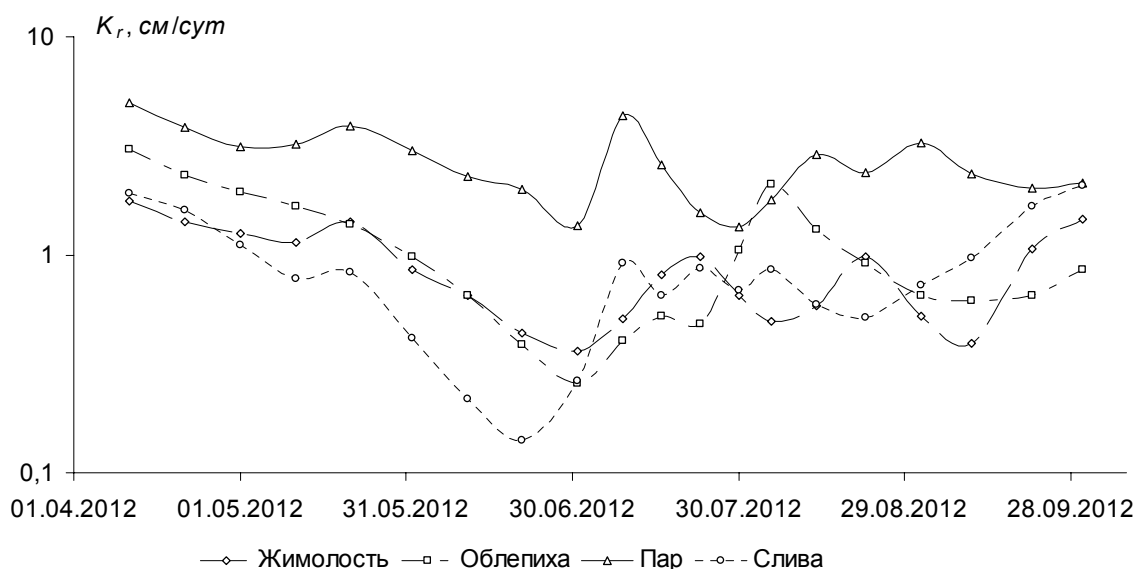
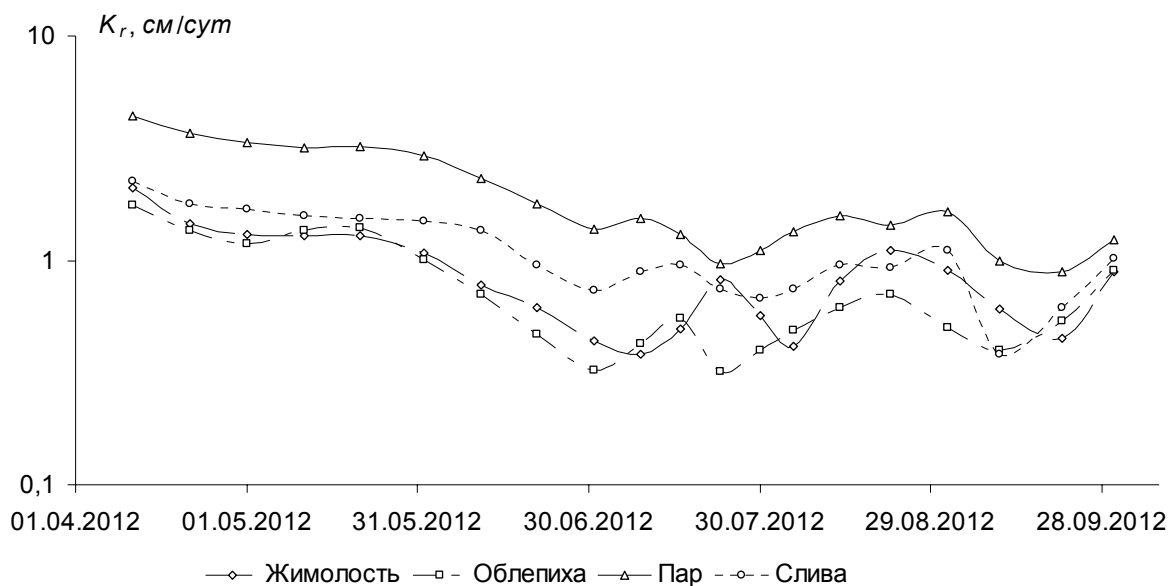


Рис. 2. Динамика коэффициента влагопроводности чернозема под ягодными культурами в течение вегетации 2012 г. (гор. В)



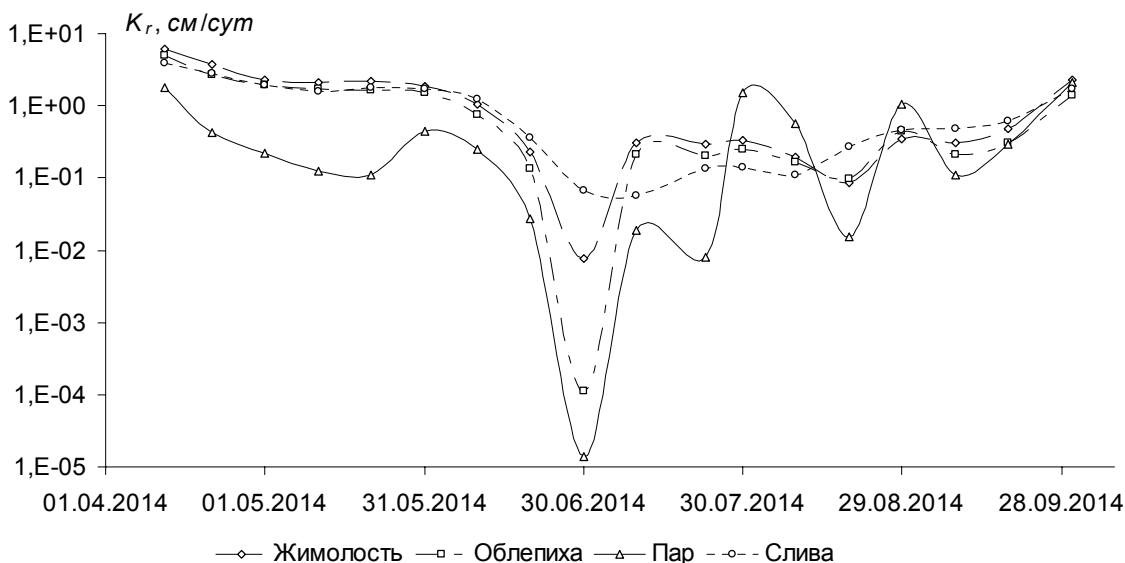
**Рис. 3. Динамика коэффициента влагопроводности чернозема под ягодными культурами в течение вегетации 2012 г. (гор. Ск)**

В 2013 г. в горизонтах Ап, АВ и В на момент начала вегетации значения коэффициента влагопроводности превышали 10 см/сут. на всех вариантах, кроме пара, и на протяжении всего вегетационного периода оставались в диапазоне 1-10 см/сут. Исключение составил пахотный горизонт, где происходило снижение коэффициента влагопроводности ниже 1 см/сут. Особенно значительным было снижение под жимолостью и сливой до 0,05 см/сут. в середине июля.

В почвообразующей породе во втором периоде вегетации наиболее низкие значения коэффициента влагопроводности отмечены также под жимолостью и сливой, из чего можно сделать вывод о более высоком потреблении влаги этими культурами, чем облепихой. Поэтому при разработке систем орошения следует учитывать этот факт.

В пахотном горизонте в конце июня 2014 г. снижение влажности почвы с 60% НВ до 20% НВ привело к резкому снижению коэффициента влагопроводности на несколько порядков под жимолостью и облепихой – до  $10^{-2}$ - $10^{-4}$  см/сут., а под паром – до  $10^{-5}$  см/сут. (рис. 4). При таком снижении влагопроводности капиллярный водоток полностью отсутствует, и снабжение растения влагой корнями в данном горизонте прекращается.

В июне в переходном горизонте коэффициент влагопроводности снижался ниже 0,1 см/сут. под облепихой, что связано с меньшими значениями влажности под этой культурой на начало вегетации, чем под жимолостью и сливой, а весенне-летние осадки не смогли восполнить необходимый влагозапас.



**Рис. 4. Динамика коэффициента влагопроводности чернозема под ягодными культурами в течение вегетации 2014 г. (гор. Ап)**

В иллювиальном горизонте и подстилающей породе динамика коэффициентов влагопроводности в 2014 г. под различными культурами была сходной (рис. 4-6). В первой половине вегетации значения влагопроводности обеспечивали оптимальный режим увлажнения на всех вариантах, а во второй – только в пару.

Общим для различных вариантов было то, что влагопроводность чернозема уменьшалась с глубиной. Сравнение функций влагопроводности при максимальной молекулярной влагоемкости (ММВ) позволило найти коэффициенты влагопроводности, обеспечивающие оптимальное увлажнение чернозема под ягодными культурами. Для горизонтов Ап и АВ его величина составляет

1,6 см/сут., для иллювиального (В) – 0,9 см/сут., а для гор. С – 0,3 см/сут. При значениях коэффициента влагопроводности ниже этих величин в черноземе выщелоченном в условиях сада капиллярный переток влаги от горизонта к горизонту прекращается. Полученные результаты позволяют оценить параметры влагопереноса в почвенном профиле и сравнить их динамику под влиянием различных культур в течение вегетации.

Кроме того, анализ проведенных исследований показал, что динамика коэффициента влагопроводности генетических горизонтов чернозема в большой степени зависит от сезонных изменений их влажности в зависимости от возделываемой культуры.

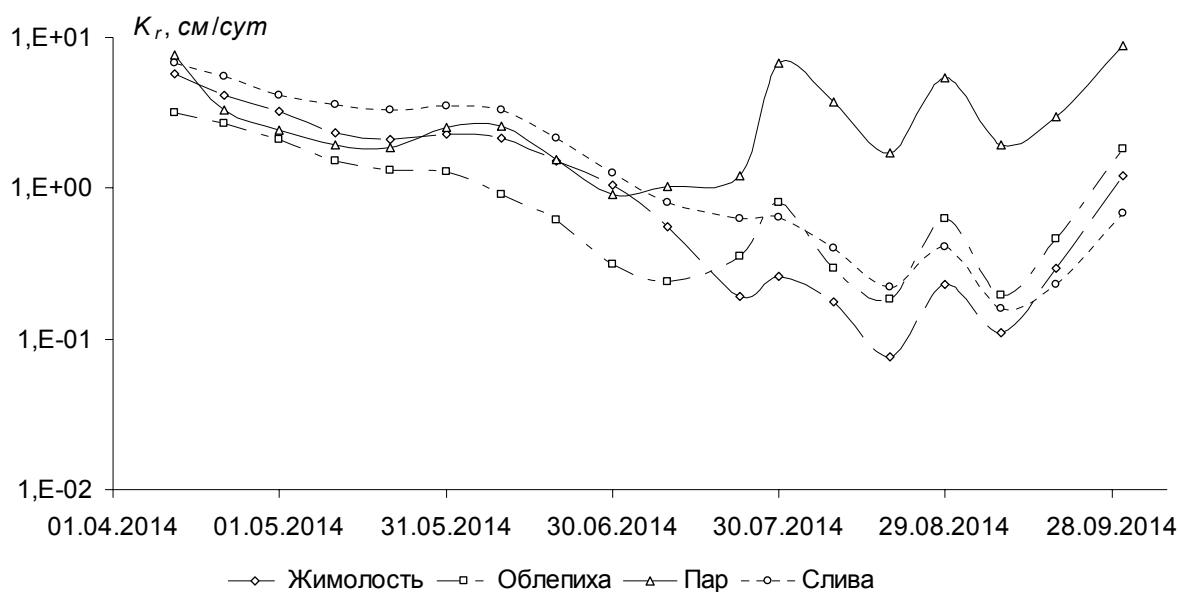


Рис. 5. Динамика коэффициента влагопроводности чернозема под ягодными культурами в течение вегетации 2014 г. (гор. В)

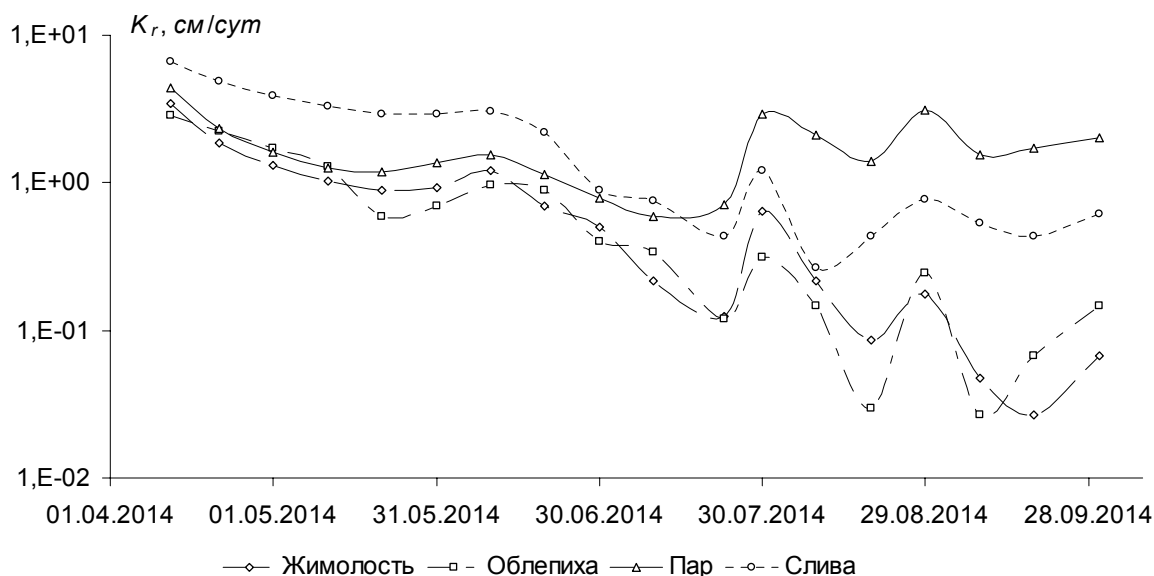


Рис. 6. Динамика коэффициента влагопроводности чернозема под ягодными культурами в течение вегетации 2014 г. (гор. Ск)

**Заключение**

Летом 2012 г. под ягодными культурами складывался неблагоприятный водный режим, при котором коэффициент влагопроводности в первой половине вегетации в пахотном слое не превышал 1,0 см/сут., в результате чего капиллярный водоток полностью отсутствовал, и влага находилась преимущественно в виде пленок.

Начало вегетации 2013 г. было благоприятным, при этом в горизонтах Ап, АВ и В значения влагопроводности достигали 10 см/сут. на всех вариантах, кроме пара. Но к середине июля растения испытывали дефицит почвенной влаги. Аналогичные изменения коэффициента влагопроводности наблюдались и в 2014 г.

Характерным для различных вариантов было снижение влагопроводности при переходе от гумусово-аккумулятивного слоя к почвообразующей породе.

Оптимальное увлажнение чернозема под ягодными культурами для горизонтов Ап и АВ соответствует влагопроводности 1,6 см/сут., для иллювиального (В) – 0,9, а для горизонта Ск – 0,3 см/сут.

#### Библиографический список

1. Воронин А.Д. Структурно-функциональная гидрофизика почв. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 204 с.
2. Турусов В.И., Гармашов В.М., Сальников М.И., Нужная Н.А., Гаврилов С.А. Новые подходы к оценке биоклиматического потенциала при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 12. – С. 12-15.
3. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – Т. 2. – 287 с.
4. Судницын И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 255 с.
5. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 304 с.

6. Шейн Е.В. Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

7. Болотов А.Г. Расчет энергии водоудерживающей способности почвы через почвенно-гидрологические константы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 11. – С. 34-36.

8. Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Маауи Мизури Бен-Али. Определение основной гидрофизической характеристики почв методом центрифугирования // Почвоведение. – 1998. – № 11. – С. 1362-1370.

#### References

1. Voronin A.D. Strukturno-funktsional'naya gidrofizika pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1984. – 204 s.
2. Turusov V.I., Garmashov V.M., Sal'nikov M.I., Nuzhnaya N.A., Gavrilov S.A. Novye podkhody k otsenke bioklimaticheskogo potentsiala pri proektirovanii adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2013. – № 12. – S. 12-15.
3. Rode A.A. Osnovy ucheniya o pochvennoi vlage. T. 2. – L.: Gidrometeoizdat, 1969. – 287 s.
4. Sudnitsyn I.I. Dvizhenie pochvennoi vlagi i vodopotreblenie rastenii. – M.: Izd-vo MGU, 1979. – 255 s.
5. Zaidel'man F.R. Melioratsiya pochv. – M.: Izd-vo MGU, 2004. – 304 s.
6. Shein E. V. Kurs fiziki pochv. – M., 2005. – Izd-vo MGU. – 432 s.
7. Bolotov A.G. Raschet energii vodoudержivayushchei sposobnosti pochvy cherez pochvenno-gidrologicheskie konstanty // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 11. – S. 34-36.
8. Smagin A.V., Sadovnikova N.B., Mizuri Maauia Ben-Ali. Opredelenie osnovnoi gidrofizicheskoi kharakteristiki pochv metodom tsentrifugirovaniya // Pochvovedenie. – 1998. – № 11. – S. 1362-1370.



УДК 631.445.4(571.15)

И.В. Гефке, С.В. Макарычев  
I.V. Gefke, S.V. Makarychev

### ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА ТЕПЛОЕМКОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА И УРОЖАЙНОСТЬ ЛУКА РЕПЧАТОГО

#### THE EFFECT OF IRRIGATION ON CHERNOZEM HEAT CAPACITY AND BULB ONION YIELD

**Ключевые слова:** лук репчатый, орошение, влагозапасы, объемная теплоемкость, факторы урожайности.

**Keywords:** bulb onion, irrigation, moisture reserves, volumetric heat capacity, yield factors.