

Влияние влагозарядкового полива на теплофизические свойства мерзлотной лугово-черноземной почвы в долине р. Лена

В.С. Макаров, Д.Д. Саввинов, Г.Н. Саввинов

*Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера СВФУ им. М.К. Аммосова,
677000, Якутск, пр. Ленина, 1, Россия
e-mail: Mvs379@yandex.ru*

Аннотация. Основные сельскохозяйственные продукты получают за счет культур, выращенных на почвах. Причем их урожайность зависит от обеспеченности почв доступными формами питательных элементов и водно-тепловыми ресурсами. В Якутии кормовые культуры играют большую роль в развитии животноводства, из которых наиболее приспособленным к суровым природным условиям Севера является овес. Овес в условиях Центральной Якутии возделывается главным образом на неорошаемых участках. Поэтому его урожайность зависит от количества атмосферных осадков вегетационного сезона. Но в нашем регионе в основном преобладают годы засушливые, когда осадки теплого периода снижаются до 80 мм, иногда даже и ниже. В такие годы урожайность зеленой массы овса составляет не более 70 ц/га. Поэтому для получения устойчивых урожаев овса требуется дополнительное искусственное орошение. Применяют вегетационные и влагозарядковые поливы. В настоящей статье приводятся результаты исследований за изменением теплофизических свойств мерзлотных лугово-черноземных почв под влиянием осеннего влагозарядкового полива в Кангаласском улусе. Под влиянием осеннего влагозарядкового полива основные изменения произошли лишь в величине объемной теплоемкости, тогда как температуропроводность колебалась в незначительных пределах.

Ключевые слова: влагозарядковый полив, оросительная норма, теплопроводность и температуропроводность почвы, влажность почвы, мерзлотные почвы.

Influence of Water Supply Irrigation on Thermophysical Properties of Permafrost Meadow-Chernozem Soil in the Lena River Valley

V.S. Makarov, D.D. Savvinov, G.N. Savvinov

*Research Institute of Applied Ecology of the North, North-Eastern Federal University
named after M.K. Ammosov, 1, Lenina Ave., Yakutsk, 677000, Russia
e-mail: Mvs379@yandex.ru*

Abstract. The main agricultural products are obtained from crops grown on soils and the yield depends on supply for soils of available forms of nutrients and water and heat resources. In Yakutia forage crops play an important role in the development of livestock, of which the most adapted to the severe natural conditions of the North is oats. Oats in Central Yakutia are cultivated mainly on non-irrigated plots. That is why its yield depends on the amount of precipitation in the growing season. In our region arid years predominate mainly, when precipitation of a warm period decreases to 80 mm, sometimes even lower. In such years the yield of green mass of oats does not exceed 70 centner/ha. So to obtain sustainable yields of oats additional artificial irrigation is required. For that vegetative and water supply irrigation are applied. In this article, the results of studies of changes of thermophysical properties of cryogenic meadow-chernozem soils under the influence of autumn moisture-charging irrigation in the Kangalassky ulus are presented. It was found that under the

МАКАРОВ Виктор Семенович – к.б.н.; САВВИНОВ Дмитрий Дмитриевич – д.б.н., акад. АН РС (Я), г.н.с.; САВВИНОВ Григорий Николаевич – д.б.н., директор.

influence of the autumn moisture charging irrigation the main changes occurred only in the soil volume heat capacity, while its thermal diffusivity fluctuated in insignificant limits.

Key words: water supply irrigation, irrigation norm, thermal conductivity and thermal diffusivity of a soil, soil moisture, permafrost soils.

Введение

Следует заметить, что до настоящего времени теплофизические свойства почвы остаются недостаточно изученными. Это несмотря на тот неоспоримый факт, что эти данные не только важны для понимания изменения тепловых ресурсов, но и для формирования теплового режима почв, особенно в районах повсеместного распространения многолетнемерзлых пород, где теплофизические свойства почв имеют сезонный характер изменения в зависимости от динамики сезонного протаивания и промерзания. В связи с этим мерзлотоведы первыми в Якутии стали заниматься изучением теплофизических свойств главным образом многолетнемерзлых грунтов. Так, под руководством Н.С. Иванова [1–2] были изучены теплофизические свойства мерзлых грунтов в лабораторных (экспериментальных) и полевых условиях, а также были разработаны методики их определения. В дальнейшем эти исследования были продолжены Р.И. Гаврильевым [3–4].

Первые сведения о теплофизических свойствах определенных типов мерзлотных (криогенных) почв приводятся в работах [5–7]. В эти же годы интересные исследования по теплофизическим свойствам почв были проведены в Бурятии и Приобье [8–10].

Методика

Полевые исследования теплофизических свойств проводились в мерзлотных лугово-черноземных суглинистых почвах, расположенных на второй надпойменной террасе р. Лена, на участке «Моойдоох» агрофирмы «Немюгю» Кангаласского улуса Республики Саха (Якутия), в 3 км от г. Покровск (в 70 км от г. Якутск). Наблюдения велись на двух площадках: первая – контрольная без полива, вторая – экспериментальная, где проведен осенний влагозарядковый полив с оросительной нормой 500 м³/га.

Определение теплофизических свойств почв проводилось в полевых условиях с использованием прибора KD2 Pro фирмы Decagon Devices, надежность которого была отмечена многими авторами [11–13]. Принцип действия прибора основан на измерении скорости изменения температуры цилиндрического зонда, погруженного в испытываемый материал. Прибор KD2 соответствует стандартам ASTM D5334-14 и IEEE 442-03. Влажность почвы определялась методом термостатной сушки.

Результаты и обсуждение

Распределение теплофизических свойств в почве определяется гранулометрическим составом, плотностью сложения, влажностью и другими агрофизическими показателями ее генетических горизонтов. Эти почвенные факторы и свойства, в свою очередь, обуславливают формирование температурного режима почвенной толщи [14].

Гранулометрический состав и содержание гумуса являются относительно статичными показателями почвы, поэтому влиянием этих факторов на изменение теплофизических свойств можно пренебречь.

Наиболее динамичным параметром является влажность почвы, которая в наблюдаемых опытных площадках зависит от атмосферных осадков и поливных норм при орошении.

На рис. 1 представлено профильное распределение весовой влажности – самого динамичного параметра почвы. На обеих исследуемых нами площадках весовая влажность растет с глубиной, при этом значение влажности под экспериментальной площадкой на 3–5 % выше, чем под контрольной, причем такая разница прослеживается по всему почвенному профилю.

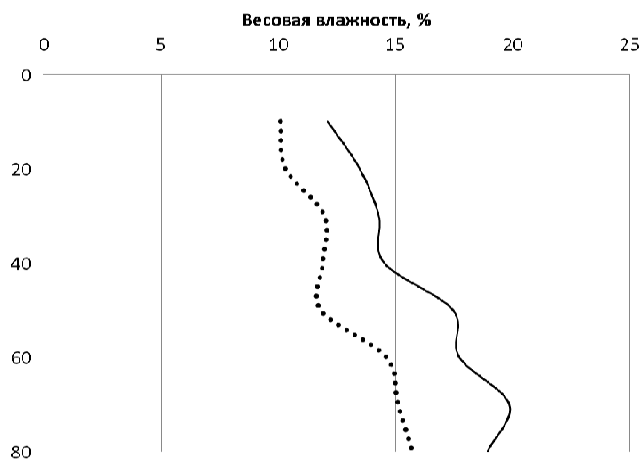


Рис. 1. Распределение весовой влажности в профиле почвы: – контрольная площадка, ——— – экспериментальная площадка

Результаты исследования теплофизических свойств исследованных почв представлены на рис. 2.

Известно, что с повышением влажности в почвах увеличивается коэффициент теплопроводности, но полученные нами данные имеют

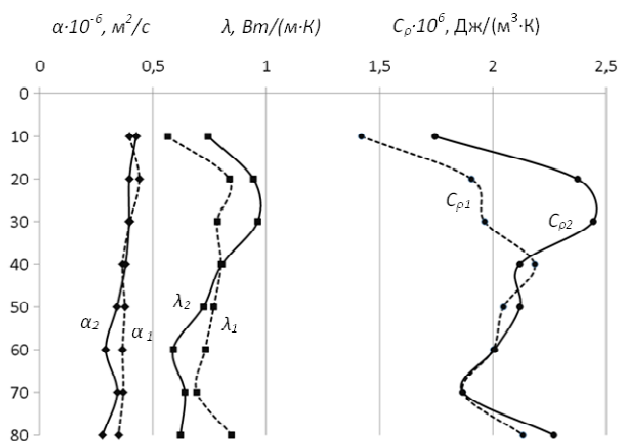


Рис. 2. Профильное распределение теплофизических свойств: α_1 , λ_1 , C_{p1} – температуропроводность, теплопроводность и объемная теплоемкость контрольной площадки; α_2 , λ_2 , C_{p2} – температуропроводность, теплопроводность и объемная теплоемкость экспериментальной площадки

довольно противоречивый характер. Так сравнение кривых распределения коэффициента теплопроводности двух площадок показывает, что в результате влагозарядкового полива теплопроводность увеличилась только в верхней части (0–40 см) орошаемой почвы, а ниже этого слоя наоборот уменьшилась. Последнее может произойти, если идет процесс разуплотнения почвы. Мы предполагаем, что разуплотнение почвы могло произойти при промерзании гравитационной влаги, которая накопилась после влагозарядкового полива в нижней части почвенного профиля. Согласно исследованиям [15], во влажных почвах образование ледяных прослоек при промерзании приводит к уменьшению объемной массы. После оттайки почва находится во вспученном состоянии, а ее посткриогенная текстура сохраняется довольно продолжительное время.

Объемная теплоёмкость является аддитивной величиной и равна сумме объемных теплоёмкостей составляющих её компонентов. Среди всех компонентов почвы наибольшей теплоемкостью обладает почвенная влага, поэтому теплоемкость очень чувствительна к изменениям влажности.

По нашим данным, объемная теплоемкость почвы в орошаемой площадке заметно выше, чем теплоемкость почвы на контрольной площадке, особенно это разница отмечается в пахотном слое почвы. С глубиной отличие в теплоемкости постепенно уменьшается и в нижней части профиля теплоаккумулятивные свойства почв на обеих площадках становятся одинаковыми.

Коэффициент температуропроводности характеризует скорость изменения температуры

почв при прогревании и охлаждении [16], является производной величиной и численно равна отношению теплопроводности к объемной теплоёмкости.

Из рис. 2 видно, что в верхней части температуропроводность почв на обеих площадках примерно одинаковая, несмотря на существенную разницу двух других теплофизических характеристик. Причина такой ситуации заключается в том, что при увлажнении рост теплопроводности компенсируется ростом теплоемкости, и если темпы роста этих параметров соизмеримы, то температуропроводность практически не меняется.

В нижней части почвенного профиля мы наблюдаем уменьшение теплопроводности при неизменной теплоемкости, в результате этого температуропроводность почвы под экспериментом стала немного ниже.

Заключение

Низкое плодородие сельскохозяйственных угодий в Центральной Якутии во многом связано с недостатком почвенной влаги. Одним из эффективных агромероприятий по снабжению растений оптимальным количеством влаги является осенний влагозарядковый полив. Однако резкое увеличение увлажнения может привести к серьезным изменениям теплофизических характеристик почвы и вместе с ними к ухудшению микроклимата почвы. Поэтому изучение влияния влагозарядкового полива с малой оросительной нормой на теплофизические характеристики почв является актуальной задачей.

Как и предполагалось, осенний влагозарядковый полив с оросительной нормой 500 м³/га существенно не повлиял на температуропроводность, и, соответственно, на почвенные тепловые ресурсы.

Исследование выполнено в рамках проекта РФФИ №15-44-05092.

Литература

1. Иванов Н.С. Тепло- и массоперенос в мерзлых горных породах. М.: Наука, 1969. 240 с.
2. Иванов Н.С., Гаврильев Р.И. Теплофизические свойства мерзлых горных пород. М.: Наука, 1965. 75 с.
3. Гаврильев Р.И. Метод определения теплофизических свойств почв и горных пород в квазистационарном режиме нагрева // Проблемы гидротермики мерзлотных почв. Новосибирск: Наука, 1988. С. 66–72.
4. Гаврильев Р.И. Теплофизические свойства горных пород и напочвенных покровов криолитозоны. Новосибирск: Наука, 1998. 280 с.

5. Мандаров А.А., Скрябин П.Н., Угаров И.С. Теплопроводность некоторых типов мерзлотных почв Центральной Якутии // Термика почв и горных пород. Якутск: Изд-во Ин-та мерзловедения СО АН СССР, 1982. С. 69–80.
6. Мандаров А.А., Угаров И.С. Зависимость коэффициента теплопроводности мерзлотной черноземно-луговой почвы от влажности и плотности // Проблемы гидротермики мерзлотных почв. Новосибирск: Наука, 1988. С. 76–86.
7. Саввинов Д.Д., Слепцов В.И. Теплофизические свойства мерзлотной пойменной дерновой окультуренной почвы // Бюллетень научно-технической информации ЯФ СО АН СССР: Биологические проблемы Севера. Якутск, 1981. С. 3–6.
8. Дугаров В.И. Теплопроводность лугово-черноземной мерзлотной почвы Еравнинской котловины (Бурятская АССР) // Почвоведение. 1976. № 3. С. 115–119.
9. Куликов А.И., Панфилов В.П., Дугаров В.И. Физические свойства и режимы лугово-черноземных мерзлотных почв Бурятии. Новосибирск: Наука, 1986. 137 с.
10. Панфилов В.П., Макарычев С.В., Лунин А.И. и др. Теплофизические свойства и режим черноземов Приобья. Новосибирск: Наука, 1981. 120 с.
11. Tang A.-M., Cui Y.-J. and Le T.-T. (2008). A Study on the Thermal Conductivity of Compacted Bentonites. *Applied Clay Science*, 41, 181–189.
12. Smits K.M., Sakaki T., Limsuwat A. and Illangasekare T.H. (2009). Determination of the Thermal Conductivity of Sands under Varying Moisture, Drainage/Wetting, and Porosity Conditions-Applications in Near-Surface Soil Moisture Distribution Analysis. *AGU Hydrology Days*.
13. Jorgenson M.T., Romanovsky V., Harden J. et al. (2010) Resilience and Vulnerability of Permafrost to Climate Change. *Canadian Journal of Forest Research*, 40, 1219–1236.
14. Макарычев С.В. Теплофизические основы мелиорации почв. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. 280 с.
15. Саввинов Д.Д. Гидротермический режим в зоне многолетней мерзлоты. Новосибирск: Наука, 1976. 256 с.
16. Чудновский А.Ф. Физика теплообмена в почве. М.; Л., 1946. 220 с.

Поступила в редакцию 01.08.2017