

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.445.53:631.436(571.15)

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

ВЛИЯНИЕ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ НА УЛУЧШЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО РЕЖИМА СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

THE EFFECT OF PHYTOMELIORATION ON THE IMPROVEMENT OF THE THERMOPHYSICAL REGIME OF THE SOLONETZ SOILS OF THE DRY STEPPE ZONE OF THE ALTAI REGION

Ключевые слова: фитомелиорация, сидераты, сидеральный пар, теплоемкость, температуропроводность, теплопроводность, влажность, температура, тепловой поток.

Одним из путей повышения плодородия солонцовых почв является использование сидеральных удобрений или фитомелиорации. Это наиболее экологичный метод решения проблемы. Определенное влияние на улучшение качества мелиорированных солонцов оказывает процесс формирования теплофизического состояния их профиля. Оно определяется теплофизическими свойствами генетических горизонтов почвы – теплоемкостью, тепло- и температуропроводностью, а также нисходящими или восходящими потоками тепла в почвенной толще. Исследованные солонцы сформировались на карбонатных лессовых суглинках. В качестве сидерального удобрения использовались донник и суданская трава. При этом улучшилась структура почвы, поскольку свежесформированные гуминовые кислоты способствовали созданию водпрочных агрегатов. Обогащение почвы растительными остатками повлияло на тепловые свойства пахотного слоя почвы. В результате объемная теплоемкость снизилась, а температуропроводность возросла. В то же время как в пахотном, так и подпахотном горизонтах величины теплофизических коэффициентов в значительной степени соответствовали изменениям влажности почвы в течение вегетации. При этом наиболее заметно варьировали объемная теплоемкость и теплопроводность верхнего слоя почвы (в пределах 40-45%), тогда как колебания температуропроводности соответствовали 25%. Среднесуточные теплоток в элементах севооборота также оказались различными. Максимальное количество тепла поступало в почву по сидеральному пару с поверхностной заделкой растительных остатков и под ломкоколосником. Наименьшие теплоток наблюдались по сидеральному пару с отвалом обработкой и по черному пару. Таким образом, сидеральный пар обеспечил наибольший тепловой поток в почву, что в начале вегетации способствовало ускоренному прогреванию почвенного про-

филя и созданию в нем благоприятного теплофизического состояния.

Keywords: phytomelioration, green manure, green-manured fallow, thermal capacity, thermal diffusivity, thermal conductivity, moisture content, temperature, heat flux.

Green manure application or phytomelioration is a way to improve the fertility of solonetz soils. This is the most environmentally friendly technique of problem solution. Certain influence on quality improvement of reclaimed solonetz soils is exerted by the formation of the thermophysical state of their profiles. It is determined by the thermophysical properties of the soil genetic horizons – thermal capacity, thermal diffusivity and thermal conductivity as well as downward or upward heat fluxes in the soil depth. The investigated solonetz soils had formed on calcareous loess loams. Melilot and Sudan grass were used as green manure. The soil structure was improved since newly formed humic acids contributed to the formation of water-stable aggregates. Soil enrichment with plant residues affected the thermal properties of the topsoil. As a result, the volumetric thermal capacity decreased and thermal diffusivity increased. At the same time, both in the plowing and subsurface horizons, the values of thermophysical coefficients largely corresponded to the soil moisture changes during the growing season. The greatest variation was found in the values of the topsoil volumetric thermal capacity and thermal conductivity (within 40-45%) while the thermal diffusivity fluctuations corresponded to 25%. The average daily heat fluxes in the crop rotation elements were also different. The maximum heat amount entered the soil in the green-manured fallow with surface incorporation of crop residues and under Russian wildrye. The lowest heat fluxes were observed in the green-manured fallow with moldboard tillage and in bare fallow. Thus, the green-manured fallow contributed to the greatest heat flux entering the soil; at the beginning of the growing season this contributed to faster soil profile warming-up and creation a favorable thermophysical condition in the soil profile.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. 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.

Введение

Одним из путей повышения плодородия солонцовых почв является использование сидерального удобрения из донника. Это способствует накоплению гумуса и элементов питания, а также улучшает физическое состояние солонцов [1-3]. Использование мелиорированных солонцовых почв в пашне связано с проблемой закрепления мелиоративного эффекта с целью улучшения их плодородия. Достичь этой цели можно путем внедрения на этих почвах системы севооборотов с применением различных паров. Наиболее часто используются черные и сидеральные пары.

Определенное влияние на улучшение качества мелиорированных солонцов оказывает процесс формирования теплофизического состояния их профиля. Это состояние в значительной степени определяется теплофизическими свойствами генетических горизонтов почвы – ее теплоемкостью, тепло- и температуропроводностью. Они, в свою очередь, зависят от гранулометрического и структурного состава почвы, содержания в ней органического вещества, влажности, плотности сложения и порозности. Это предопределяет неоднородность почв по теплофизическим характеристикам, что обуславливает большие практические возможности для направленного воздействия на почвенный климат и тем самым на процессы почвообразования и условия жизнедеятельности растений. Поэтому познание теплофизических свойств солонцовых почв необходимо для оценки тепло-мелиоративных эффектов различных агромероприятий обоснования наиболее рациональных технологий, направленных на оптимизацию гидротермического режима почв, охрану и повышение почвенного плодородия.

Объекты и методы

Целью работы явилось изучение динамики тепловых свойств на солонцах луговых хлоридно-сульфатных, малонатриевых в севооборотах с сидеральным и черным парами, а также на черноземно-луговой почве в подзоне южных черноземов засушливой степи на территории землепользования совхоза «Гуселетовский» Романовского района Алтайского края в 1983-1988 гг. Исследования проводились на полях, засеянных суданской травой по сидеральному и черному парам, а также ломкоколосником ситниковым. **Задачи** исследований сводились к экспериментальному определению теплоемкости, теплопроводности, температуропроводности, влажности и температуры почвы. Теплофизические

характеристики были изучены в лабораторных условиях **импульсным методом** – плоского нагревателя [4], влажность – **весовым методом**, а тепловые потоки – **методом градиентных наблюдений** [5].

Результаты исследований

Изученные солонцы сформировались на карбонатных лессовых суглинках среднесуглинистого гранулометрического состава. Основные компоненты глинистого материала солонцов, унаследованные от почвообразующей породы – гидрослюды, каолинит, хлорит и смешанно-слоистые образования [6]. Тип гумуса – гуматный. Содержание его в элювиальном горизонте на целине 5-6%. Количество обменного натрия в иллювиальном горизонте не превышает 10%, что свидетельствует о затухании солонцового процесса. До глубины 80-90 см отмечено рассоление почвенного профиля в результате глубокой мелиоративной обработки [7].

Донник на сидеральное удобрение был высеян под покров ячменя. На втором году жизни урожайность наземной сухой массы донника перед запашкой в период цветения составила 7,4 т/га, а корневая масса вместе с растительными остатками прошлых лет – 14,5 т/га. Заделка донника на зеленое удобрение проводилась тяжелой дисковой бороной БДТ-2,5А в три следа на глубину до 15 см. После заделки с целью создания более благоприятных условий для гумусообразования поле прикатывали кольчатыми катками в два следа. Затем была проведена безотвальная обработка пара на глубину 25-27 см.

Известно, что под влиянием сидеральных удобрений в первую очередь улучшается структура почв, т.е. свежее образованные гуминовые кислоты способствуют созданию водопрочных агрегатов. Так, количество нераспавшихся водопрочных агрегатов по сидеральному пару составило 74%, а по черному пару (контроль) – только 32%.

Улучшение структуры почв, обогащение их растительными остатками оказали определенное воздействие на тепловые свойства почвы [8]. Если объемная теплоемкость пахотного слоя по черному пару была равна $0,814 \times 10^6$ Дж/(м³·К), а температуропроводность – $0,480 \times 10^6$ м²с, то по сидеральному пару эти показатели соответствовали $0,736 \times 10^6$ Дж/(м³·К) и $0,528 \times 10^6$ м²с в абсолютно сухом состоянии (табл. 1). Уменьшение теплоемкости и увеличение температуропроводности связаны с разрыхляющим

действием корней донника и его запаханной надземной массы. В подпахотном слое солонца различия тепловых характеристик под парами незначительны. Отмечены лишь некоторое снижение теплоемкости и рост теплопроводности вследствие того, что корневая система донника сосредоточена в основном в пахотном горизонте и влияние ее на нижние слои довольно слабо.

Таблица 1
Теплофизические свойства солонца на различных агрофонах

Глубина, см	Плотность, кг/м ³	Объемная теплоемкость, 10 ⁶ Дж/(м ³ К)	Температуропроводность, 10 ⁶ м ² /с	Теплопроводность, Вт/(м·К)
Суданская трава по черному пару				
0-20	1240	0,814	0,480	0,391
20-40	1360	0,924	0,411	0,380
Суданская трава по сидеральному пару				
0-20	1210	0,736	0,528	0,389
20-40	1330	0,837	0,412	0,345
Ломкоколосник ситниковый				
0-20	1360	1,285	0,269	0,346
20-40	1420	1,369	0,213	0,192

Под ломкоколосником четвертого года жизни с мощной корневой системой мочко-

ватого типа, оказывающей уплотняющее действие на почву, объемная теплоемкость была в 1,5 раза больше, чем под суданской травой, как по черному, так и по сидеральному пару.

Знание теплофизических коэффициентов позволяет прогнозировать сезонную динамику соответствующих параметров в связи со способом использования и содержанием влаги в почвенном профиле в течение вегетационного периода. Нужно отметить, что как в пахотном, так и подпахотном слоях величины теплофизических коэффициентов соответствуют изменениям влажности почвы (рис.).

К концу вегетационного периода 1988 г. вследствие засушливого лета пахотный слой на солонце оказался сильно иссушенным. За предшествующий период (осень-зима) в почве накопилось значительное количество влаги, что отразилось на величинах термических показателей, особенно весной. Наибольшие значения теплоемкости и теплопроводности были под ломкоколосником в пахотном слое. Температуропроводность ранней весной при высокой влажности имела более низкие значения, чем осенью. Теплопроводность солонца по сидеральному пару была несколько выше, чем по черному, что способствовало лучшему прогреванию почвы.

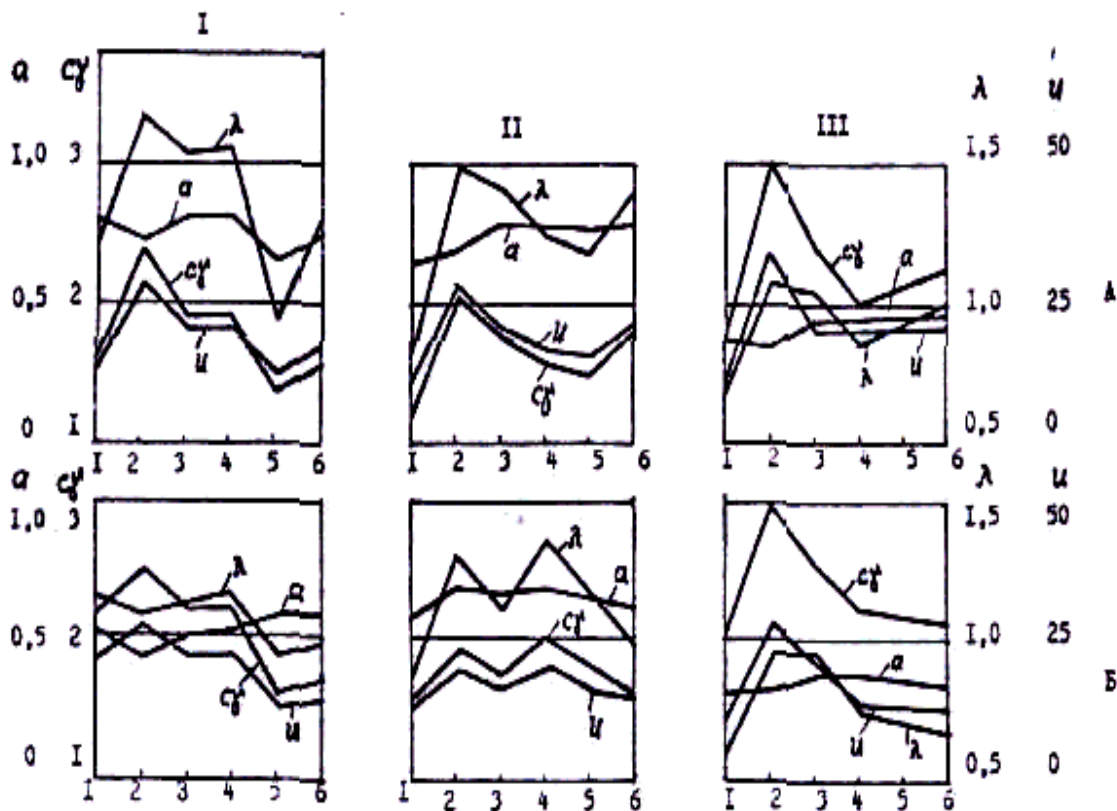


Рис. Динамика влажности (U, %), теплопроводности (λ, Вт/м·К), температуропроводности (α, 10⁶ м²/с) и теплоемкости (сγ, 10⁶ Дж/м³·К) солонца (А – слой 0-20 см, Б – 20-40 см) по черному (I), сидеральному (II) пару и под ломкоколосником (III) летом 1988 г. в разные сроки наблюдений

В ходе исследований было установлено, что наиболее резко изменялась объемная теплоемкость пахотного слоя. Особенно четко это заметно под суданской травой по черному пару, где максимум изменения теплоемкости составил 41% и теплопроводности – 45%. Температуропроводность почвы варьировала менее заметно (в пределах 25%). Под суданской травой по сидеральному пару и под ломкоколосником на солонце изменения теплофизических коэффициентов оказались более сглаженными.

Таким образом, динамика теплофизических свойств солонца определялась прежде всего влажностью почвенных горизонтов.

Во всех вариантах опыта максимальное значение тепло- и температуропроводности было отмечено около 20% почвенного увлажнения.

Вследствие более благоприятных теплового, водного, пищевого и других режимов в солонце по сидеральному пару урожайность суданской травы в 1984 г. составила 2,9 т/га, а по черному – 1,9 т/га (Трофимов, Макарычев, 1987).

Летом 1988 г. было проведено дополнительное наблюдение за динамикой объемной теплоемкости в черноземно-луговом малонатриевом солонце на различных агрофонах, имеющих специфические особенности, которые способствовали формированию своих теплофизических коэффициентов. Так, весной теплоемкость верхнего 20-сантиметрового слоя оказалась максимальной под ломкоколосником, несмотря на низкую влажность ($\rho=1180 \text{ кг/м}^3$) (табл. 2).

По черному, более увлажненному, пару ($\rho=955 \text{ кг}^3/\text{м}$) теплоемкость была выше, чем по сидеральному ($\rho=910 \text{ кг}^3/\text{м}$).

Такое распределение теплоемкости сохранялось в течение всего вегетационного периода вплоть до 15 сентября.

Пониженные значения объемной теплоемкости в сидеральном пару объясняются как более рыхлым сложением, так и наличием полуразложившихся растительных остатков,

способствующих увеличению воздухосодержания в пахотном слое почвы.

Таблица 2

Объемная теплоемкость ($10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3\text{К})$) – числитель и влажность (U, % – знаменатель) пахотного слоя солонца летом 1988 г.

Агрофон	Срок наблюдения		
	17.05	3.06	15.09
Ломкоколосник	$\frac{2,436}{19,6}$	$\frac{2,206}{9,0}$	$\frac{1,842}{7,5}$
Пар черный	$\frac{2,232}{27,4}$	$\frac{1,950}{19,6}$	$\frac{1,643}{11,1}$
Пар сидеральный (поверх. заделка стерни)	$\frac{2,067}{25,6}$	$\frac{1,911}{21,5}$	$\frac{1,532}{11,6}$
Пар сидеральный (отвальная обработка)	$\frac{1,982}{24,5}$	$\frac{1,921}{23,0}$	$\frac{1,408}{10,6}$

Для более полной характеристики теплового режима, складывающегося на различных агрофонах, были проведены наблюдения за суточной динамикой температуры в верхнем 20-сантиметровом слое через каждые 5 см. Это позволило рассчитать теплопотоки почву [5]. Время наблюдений 3-4 июня 1988 г. (табл. 3).

Оказалось, что максимальное поступление тепла в почву приходится на промежуток между 10 и 13 ч дня на всех исследованных участках, тогда как обратный процесс – на 23 ч.

При этом среднесуточные теплопотоки в элементах севооборота оказались различными. Максимум тепла за сутки поступил в почву по сидеральному пару с поверхностной заделкой растительных остатков и под ломкоколосником. Меньшие потоки наблюдались по сидеральному пару с отвальной обработкой и по черному пару.

Таким образом, сидеральный пар обеспечил наибольший тепловой поток в почву, что в начале вегетации способствовало ускоренному прогреванию почвенного профиля и созданию в нем благоприятного теплофизического состояния.

Таблица 3

Тепловые потоки в солонце на различных агрофонах (P, Вт/м²)

Агрофон	Время суток						среднее за сутки
	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	23:00	
Ломкоколосник	40,6	88,9	93,8	81,9	-30,1	-65,8	116,2
Пар черный	55,3	132,3	109,2	35,7	-53,9	-60,2	102,2
Пар сидер. (повторная заделка)	50,4	127,4	116,2	49,0	-53,9	-63,7	118,3
Пар сидер. (отвальная обработка)	58,1	130,9	115,5	46,2	-60,2	-63,7	106,4

Заключение

Под влиянием фитомелиорации произошло улучшение структуры почвы, т.к. свежееобразованные гуминовые кислоты способствовали образованию водопрочных агрегатов. Так, количество таких агрегатов по сидеральному пару составило 74%, а по черному – только 32%. Обогащение почвы растительными остатками оказало воздействие и на ее теплофизические свойства. При этом уменьшилась теплоемкость и возросла теплопроводность пахотного слоя мелиорированного солонца. Тем не менее под ломкоколосником четвертого года жизни с мощной корневой системой мочковатого типа, оказывающей уплотняющее действие на почву, объемная теплоемкость оказалась в 1,5 раза больше, чем под суданской травой, как по черному, так и по сидеральному пару. В то же время запахивание суданской травы обусловило пониженные значения теплоемкости, что объясняется более рыхлым сложением пахотного слоя почвы.

В результате максимальное поступление тепла в почву за сутки имело место на варианте под ломкоколосником. Меньшие потоки наблюдались по сидеральному пару с отвальной обработкой и по черному пару.

Таким образом, сидеральный пар обеспечил наибольший тепловой поток в почву, что в начале вегетации способствовало ускоренному прогреванию почвенного профиля и созданию в нем благоприятного теплофизического состояния.

Библиографический список

1. Бурлакова Л.М. Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск: Наука СО, 1984. – 198 с.
2. Горяев В.Е. Агрофизические основы и методы регулирования гидротермического режима почв. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 136 с.
3. Трофимов И.Т., Чижикова Н.П., Гладков Ю.А. Почвы солонцовых комплексов и их мелиорация на террасированных склонах Касмалинской долины древнего стока в подзоне южных черноземов Алтайского края. – Омск: Изд-во ОмСХИ, 1986. – С. 11-16.
4. Панфилов В.П., Макарычев С.В., Лунин А.И. и др. Теплофизические свойства и режимы черноземов Приобья. – Новосибирск: Наука, 1981. – 120 с.
5. Руководство по градиентным наблюдениям и определению составляющих теплового

баланса. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 120 с.

6. Вялкова Л.И., Трофимов И.Т. Влияние мелиорации солонцов и каштановых солонцеватых почв сухостепной зоны на качественный состав гумуса. – Омск: Изд-во ОмСХИ, 1986. – С. 33-37.

7. Трофимов И.Т., Курсакова В.С. Параметры плодородия мелиорированных малонатриевых солонцов, определяющих продуктивность ячменя ярового. – Омск: Изд-во ОмСХИ, 1990. – С. 62-68.

8. Трофимов И.Т., Макарычев С.В. Теплофизические свойства чернозема южного и некоторых интразональных почв Алтайского края. – Омск: Изд-во ОмСХИ, 1986. – С. 11-17.

References

1. Burlakova L.M. Plodorodie Altayskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka SO, 1984. – 198 s.
2. Goryaev V.E. Agrofizicheskie osnovy i metody regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima pochv. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2003. – 136 s.
3. Trofimov I.T., Chizhikova N.P., Gladkov Yu.A. Pochvy solontsovykh kompleksov i ikh melioratsiya na terrasirovannykh sklonakh Kasmalinskoy doliny drevnego stoka v podzone yuzhnykh chernozemov Altayskogo kraja. – Omsk: Izd-vo OmSKHl, 1986. – S. 11-16.
4. Panfilov V.P., Makarychev S.V., Lunin A.I. i dr. Teplofizicheskie svoystva i rezhimy chernozemov Priob'ya. – Novosibirsk: Nauka, 1981. – 120 s.
5. Rukovodstvo po gradientnym nablyudeni-yam i opredeleniyu sostavlyayushchikh teplovogo balansa. – L.: Gidrometeoizdat, 1964. – 120 s.
6. Vyalkova L.I., Trofimov I.T. Vliyanie melioratsii solontsov i kashtanovykh solontsevatykh pochv sukhostepnoy zony na kachestvennyy sostav gumusa. – Omsk: Izd-vo OmSKHl, 1986. – S. 33-37.
7. Trofimov I.T., Kursakova V.S. Parametry plodorodiya meliorirovannykh malonatrievykh solontsov, opredelyayushchikh produktivnost' yachmenya yarovogo. – Omsk: Izd-vo OmSKHl, 1990. – S. 62-68.
8. Trofimov I.T., Makarychev S.V. Teplofizicheskie svoystva chernozema yuzhnogo i nekotorykh intrazonal'nykh pochv Altayskogo kraja. – Omsk: Izd-vo OmSKHl, 1986. – S. 11-17.

