

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 631.445.53:631.436(с. 182)

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF SALINE SOILS OF THE ALTAI REGION

Ключевые слова: засоление, солончак, солоонец, солодь, теплофизические свойства, температуропроводность, теплопроводность, теплоемкость.

В Алтайском крае засоленные почвы широко представлены в сухостепной, степной и лесостепной зонах. Наиболее яркими их представителями являются солончаки, солонцы и солоди. Были экспериментально определены такие теплофизические характеристики этих почв, как удельная и объемная теплоемкости, теплопроводность и температуропроводность. Оказалось, что наименьшую объемную теплоемкость во всех типах засоленных почв имеет верхний слабоуплотненный гумусово-аккумулятивный горизонт. С глубиной она возрастает как в обезвоженном состоянии, так и при увлажнении. Нижние горизонты солончака характеризуются невысокими значениями тепло- и температуропроводности, что снижает процессы распространения тепловых потоков в почвенном профиле. Следует отметить, что теплоемкость хлоридно-содового солонца ниже, чем сульфатного. Также характерной чертой первого солонца являются меньшие значения коэффициентов теплопередачи, что обуславливает его высокую теплоизоляционную способность. В то же время солодь выделяется резкой дифференциацией почвенного профиля по теплофизическим показателям. В силу отмеченных особенно-

стей засоленные почвы слабо отзываются на водную мелиорацию.

Keywords: salinization, solonchak, solonetz, soloth, thermophysical properties, thermal diffusivity, thermal conductivity, thermal capacity.

In the Altai Region, saline soils are well represented in the dry steppe, steppe and forest-steppe zones. The most striking instances of saline soils are solonchak, solonetz, and soloth soils. We have experimentally determined such thermophysical properties of those soils as specific and volumetric thermal capacity, thermal conductivity and thermal diffusivity. It has been found that the smallest volumetric thermal capacity in all types of saline soils reveals in the surface slightly compacted humus-accumulative horizon. It increases with depth, both in dehydrated and moistened state. The lower horizons of solonchak are characterized by low values of thermal conductivity and thermal diffusivity; this reduces the distribution of heat flows in the soil profile. It should be noted that the thermal capacity of a chloride-sodium solonets is lower than that of sulfate solonetz. Another feature of a chloride-sodium solonets is smaller values of heat transfer coefficients; that determines its high heat insulating ability. At the same time, soloth reveals pronounced differentiation of the soil profile in terms of the thermophysical indices. Owing to the mentioned features, the saline soils reveal a weak response to water amelioration.

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

Засоленные почвы широко представлены в сухостепной, степной и лесостепной зонах. С учетом их географического распространения они являются почвами зональными, сопутствующими как черноземному, так и каштановому типам почвообразования. Наиболее яркими представителями засоленных почв являются солончаки, солонцы и солоди [1].

Отсутствие данных по теплофизическому состоянию засоленных почв обусловило актуальность наших исследований.

Объекты и методы

Объекты исследований – солончаки, солонцы различного генезиса и солоди. **Цель** исследований – изучение теплофизических свойств засоленных почв Алтайского края.

Задача – экспериментальное определение теплоемкости, тепло- и температуропроводности почв.

Теплофизические характеристики определялись с помощью **импульсного метода** плоского источника тепла. Общие физические и гидрофизические свойства почв измерялись на основе принятых в почвенной физике методов [2, 3].

Результаты исследований

Теплофизические свойства солончаков. К солончакам относят почвы, содержащие большое количество водорастворимых солей с самой поверхности и ниже по профилю. В зависимости от химизма засоления количество солей в верхнем горизонте солончаков составляет от 0,6-0,7 до 2-3% и более [4].

Исследованный нами солончак луговой степной зоны (Р.17с) сформирован на лессовидных суглинках первой террасы оз. Малое Горькое.

Верхняя часть профиля солончака характеризуется средне- и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, а почвообразующие породы – легкоглинистые [5].

Плотность гумусового горизонта солончака невысокая вследствие сильного разрыхляющего действия солей. В нижележащих горизонтах она возрастает до 1550 кг/м³.

Исследованный профиль имеет высокую гигроскопичность и водоудерживающую способность. Так, МГ варьирует в пределах от 8 до 13%, НВ – от 19 до 28% от веса сухой почвы. Высокая гигроскопичность солончака связана с сильным засолением его генетических горизонтов. Распределение теплофизических коэффициентов в профиле солончака оказалось довольно сложным. Наименьшую объемную теплоемкость (c_v) в абсолютно сухом состоянии имеет верхний слабо уплотненный слой. Максимум ее отмечен в гор. С и равен $1,407 \times 10^6$ Дж/(м³ К). Удельная теплоемкость также растет с глубиной с 868 до 908 Дж/(кг К), чему способствуют прежде всего утяжеление гранулометрического состава и повышенное содержание ила в подстилающих горизонтах, который более теплоемкий по сравнению с песком.

Коэффициент температуропроводности (α) в гумусовом слое равен $0,356 \times 10^{-6}$ м²/с, а в почвообразующей породе – лишь $0,190 \times 10^{-6}$ м²/с.

Теплопроводность (λ) генетических горизонтов профиля также имеет тенденцию к снижению с глубиной. Увлажнение в свою очередь вызывает рост теплофизических коэффициентов солончака.

В целом, за исключением гумусового слоя, коэффициенты тепло- и температуропроводности горизонтов солончака не высо-

ки, что уменьшает процессы распространения теплотоков, но отнести данный тип почв к «холодным» нельзя из-за небольших значений его теплоемкости.

Теплофизические свойства солонцов. Основным признаком солонцов является высокое содержание в поглощающем комплексе обменного натрия, а иногда и магния в иллювиальном гор. В₁. Они имеют резко дифференцированный профиль и содержат воднорастворимые соли на некоторой глубине.

С целью теплофизической характеристики нами были исследованы солонцы черноземной зоны и зоны каштановых почв Алтайского края (Р. 15с, 16с, 18с, 19с).

Прежде всего были изучены солонцы одного комплекса (Р. 15с, 16с), сформированные на лессовидной крупнопылеватой глине с содержанием ила около 40%. Эти солонцы, занимая смежную территорию, имеют в то же время разный тип засоления и разные свойства.

На повышенных элементах микрорельефа под злаково-разнотравной ассоциацией сформированы солонцы черноземно-луговые сульфатные с мощностью перегнойно-элювиального горизонта 5-10 см. Только в гор. С при понижении общего содержания солей до 0,48% отмечается содово-сульфатное засоление. Максимальное содержание солей (2,7%) наблюдается в гор. В на глубине 15-22 см [6, 7]. Вследствие различной степени дисперсности солонцы сульфатного и хлоридно-содового типов засоления обладают неодинаковыми плотностями сложения. Так, гор. В₂ сульфатного солонца имеет рыхлое сложение из-за сильного засоления его сульфатом натрия, который разрыхляюще действует на почву. В хлоридно-содовом солонце плотность с глубиной постепенно увеличивается, достигая в гор. С 1400 кг/м³.

Наименьшее значение водно-физических постоянных имеют верхние среднесуглинистые горизонты солонцов. Ниже они возрастают, т.к. увеличивается содержание ила.

Физико-механические свойства солонцов нашли свое отражение на распределении теплофизических коэффициентов в их профилях. Объемная теплоемкость (c_v) обезвоженных образцов при переходе от гумусового к нижележащим горизонтам увеличивается, достигая в хлоридно-содовом солонце $1,781 \times 10^6$, а в сульфатном – $1,537 \times 10^6$ Дж/(м³ К).

Удельная теплоемкость верхних горизонтов составляет 795 и 884 Дж/(кг К) соответственно. Так, в солонцовых горизонтах она составила 1011 и 932 Дж/(кг К). Следует отметить, что в этих горизонтах содержится 30,3 и 24,7% ила, тогда как мелкого песка – 16,1 и 26,5% соответственно. В целом как

удельная, так и объемная теплоемкости горизонтов хлоридно-содового солонца оказались выше, чем сульфатного.

Возрастание плотности и, следовательно, уменьшение порозности привели к снижению теплопроводности (α), которая с глубиной уменьшается в обоих солонцах, в то время как теплопроводность растет. Так, в элювиальном гор. В хлоридно-содового солонца она равна 0,301, а в солонцовом В₂ – уже 0,430 Вт/(м К).

Максимум теплопроводности гор. А соответствует влажности 19-22% от веса почвы, что характерно для средних суглинков и близко к ВРК. В то же время следует подчеркнуть, что теплопроводность в солонцовых и подсолонцовых горизонтах достигает экстремума при влажности около 30%.

Характерной чертой хлоридно-содового солонца являются меньшие значения теплопроводности (λ) и теплоемкости при естественной степени почвенного увлажнения, что обуславливает его высокую теплоизоляционную способность. Относительные изменения этих показателей невелики.

Теплофизические свойства лугово-каштановых солонцов. В сухостепной зоне каштановых почв солонцы и солонцеватые почвы занимают более 374 тыс. га и приурочены к котловинам озер, дельтам ложбин древнего стока и другим крупным депрессиям.

Исследовались солонцы лугово-каштановые малонатриевые содово-сульфатные, примыкающие к котловине оз. Джиря Западной Кулунды.

Профиль лугово-каштановых малонатриевых солонцов по гранулометрическому составу тяжелый. Верхний пахотный горизонт АВ легкоглинистый, нижние слои среднеглинистые.

Плотность твердой фазы в профиле колеблется от 2659 в элювиальном горизонте до 2700 кг/м³ в подсолонцовом. Плотность сложения генетических горизонтов с глубиной растет с 1250 до 1470 кг/м³.

Верхний горизонт содержит 2,31% гумуса, но уже в солонцовом его доля лишь 0,56%.

Водно-физические константы максимальны в солонцовом и подсолонцовом горизонтах. Наименьшее значение МГ наблюдается в верхнем, обедненном илистой фракцией горизонте и соответствует 6,4% от веса почвы. Наименьшая влагоемкость здесь 20,3%.

Величины объемной теплоемкости обезвоженных генетических горизонтов солонца при переходе от пахотного к нижележащим слоям изменяются от 1,182x10⁶ до 1,379x10⁶ Дж/м³ К. Удельная теплоемкость и в профиле солонца меняется незначительно, максимум ее (949 Дж/(кг К)) отмечается в

более дисперсном гор. В₁, в гор. В₂ и С она составляет в среднем 937 Дж/(кг К).

Коэффициент теплопроводности с глубиной постепенно уменьшается от 0,342 до 0,289x10⁻⁶ м²/с. Теплопроводность в профиле солонца остается постоянной.

Увлажнение генетических горизонтов вносит определенные коррективы. В солонцовом профиле экстремум теплопроводности пахотного слоя приходится на 11-12% влажности, что лежит в пределах ВЗ-ВРК, в гор. В₁ – при 25% (НВ), а в гор. В₂ – при 18%.

Такая приуроченность максимума теплопроводности к той или иной стадии почвенного увлажнения обусловлена не только влиянием дисперсности, но и содержанием песчаных и крупнопылеватых фракций, а также степенью засоления. В более засоленном гор. В₁ максимум сдвинут в сторону большей влажности по сравнению с гор. В₂. В подстилающей породе С, где много песка и крупной пыли, нет органического вещества и мало солей, он сдвинут влево.

Теплофизические свойства солодей. Солоды на юге Западной Сибири распространены достаточно широко в пределах колючей степи чаще всего в комплексах с южными черноземами. В основном они формируются под колючими березово-осиновыми лесами, приуроченными к западинам бессточных форм рельефа.

Исследованная солодь (Р. 19с) возникла на лессовых суглинках террасированного к Касмалинской ложбине древнего стока склона.

Для солоды характерна резкая дифференциация почвенного профиля по гранулометрическому составу. Наблюдаются обеднение физической глиной и илистой фракцией осолоделого горизонта (38,5 и 15,7% соответственно) и обогащение тонкими частицами иллювиального гор. В (18,5%), а также нижележащего гор. С (34,5%). Гор. А₂ обогащен фракцией крупной пыли и мелкого песка. В целом профиль легкоглинистый.

Гумусовый горизонт имеет рыхлое сложение. Вниз по профилю плотность постепенно увеличивается и достигает 1490 кг/м³. Общая и порозность аэрации верхних горизонтов довольно большие: 62,9 и 42,7% от объема почвы. С глубиной уменьшаются.

Плодородие солодей невысокое из-за малого содержания в них гумуса и питательных веществ, а также временного избыточного увлажнения. Лишь в самом верхнем слое А₁ содержание гумуса достигает 7%, но уже в осолоделом гор. А₂ сказывается меньше 1%.

Солоды характеризуются значительными МГ (6-11%) и НВ (21-28%). В нижележащих слоях эти величины возрастают по сравнению с верхними горизонтами.

Теплофизические коэффициенты при влажности завядания и наименьшей влагоемкости, диапазон активной температуропроводности (ДАТ), оптимальная температуропроводность (ОТ) засоленных почв

λ (вз)	cγ (вз)	α (вз)	λ (нВ)	cγ (нВ)	α (нВ)	α (0,75нВ)	ДАТ	ООТ
Солонец лугово-черноземный, содово-хлоридный, супесчаный (Р.18с)								
0,800	1,638	0,488	1,0412	2,100	0,672	0,640	0,184	0,661
Солонец лугово-черноземный, содово-хлоридный, среднесуглинистый (Р.15с)								
0,742	2,193	0,338	1,278	2,838	0,450	0,375	0,112	0,413
Солонец лугово-черноземный, сульфатный, среднесуглинистый (Р.16с)								
0,656	1,728	0,380	1,105	2,352	0,470	0,414	0,090	0,442
Солончак луговой, тяжелосуглинистый (Р.17с)								
0,716	1,875	0,382	1,053	2,275	0,462	0,441	0,080	0,452
Солодь луговая, легкосуглинистая (Р.19с)								
0,688	2,052	0,335	1,100	2,700	0,407	0,386	0,073	0,397
Солонец лугово-каштановый, содово-сульфатный, среднесуглинистый (Р.13с)								
0,840	2,075	0,401	1,143	2,725	0,419	0,453	0,052	0,436

Теплофизические свойства солоды отражают ее гранулометрический состав и физические свойства. Объемная теплоемкость от пахотного слоя к почвообразующей породе увеличивается с $1,064 \times 10^6$ до $1,846 \times 10^6$ Дж/(м³ К). Верхний гор. А₁ из-за повышенного содержания органики имеет большую по сравнению с гор. А₂ удельную теплоемкость (1144 и 935 Дж/(кг К)). В абсолютно-сухом состоянии почвенных слоев температуропроводность с глубиной несколько уменьшается, что вызвано в основном уплотнением почвенного профиля. Теплопроводность практически одинакова за исключением гор. А₂, где она падает до 0,297 Вт/(м К) по сравнению с 0,410 Вт/(м К) в гор. А₁.

Увеличение влажности генетических горизонтов солодей приводит к росту теплофизических параметров. Температуропроводность достигает максимума в верхних слоях при 18-20% почвенного увлажнения, в то время как в нижних сильнее засоленных при 25%.

Таким образом, у солодей и солончаков, исследованных нами, сходный характер изменений коэффициентов теплопередачи, что объясняется единством почвообразующих пород.

В заключение обзора теплофизических свойств засоленных почв остановимся на анализе влияния влаги на степень изменения тепловых свойств (средних) для деятельного слоя исследованных профилей (табл.).

Используя шкалу отзывчивости на почвенное увлажнение, легко заметить, что величина ДАТ прежде всего определяется гранулометрическим составом почв. Так, супесчаный корковый солонец из бора имеет ДАТ 0,184, т.е. активно откликается на повышение влажности.

Среднесуглинистые солонцы Приобского плато слабее отзываются на водную мелиорацию и входят во второй класс отзывчивости, а более тяжелые солончак и солодь пас-

сивны и характеризуются ДАТ, соответственно, 0,080 и 0,072.

Среднеглинистый лугово-каштановый солонец по степени отзывчивости близок к нижней границе третьего класса, его температуропроводность наименее динамична.

Оценить качество засоленных почв, исходя из оптимальной температуропроводности, не представляется возможным из-за их разного генезиса. В целом она для засоленных почв оказывается ниже, чем у основных почвенных типов той или иной почвенно-климатической зоны, и наблюдается при более высокой влажности.

Заключение

Распределение теплофизических коэффициентов в профиле солончака неравномерное. Наименьшую объемную теплоемкость имеет верхний слабо уплотненный гумусово-аккумулятивный горизонт. С глубиной она растет за счет утяжеления гранулометрического состава и увеличения плотности сложения профиля. Коэффициенты тепло- и температуропроводности солончака не высоки.

Удельная и объемная теплоемкости хлоридно-содового солонца выше, чем в сульфатном. Также характерной чертой первого солонца являются меньшие значения теплопроводности и температуропроводности, что обуславливает его высокую теплоизоляционную способность.

Для почвенного профиля солоды характерна резкая дифференциация теплофизических показателей. Кроме того, характер изменений коэффициентов теплопередачи по генетическим горизонтам в солончаке и солоды практически одинаков.

Среднесуглинистые солонцы входят во второй класс отзывчивости на водную мелиорацию, тогда как солончак, солодь и среднеглинистый лугово-каштановый солонец пасивны и соответствуют третьему классу.

Оптимальная температуропроводность засоленных почв ниже, чем у основных почвенных типов той или иной почвенно-климатической зоны.

Библиографический список

1. Почвы Алтайского края. – М.: Изд-во АН СССР, 1999. – 382 с.
2. Макарычев С.В., Мазиров М.А. Теплофизика почв: методы и свойства. – Суздаль, 1996. – 231 с.
3. Панфилов В.П., Макарычев С.В., Лунин А.И. и др. Теплофизические свойства и режимы черноземов Приобья. – Новосибирск: Наука, 1981. – 120 с.
4. Трофимов И.Т., Макарычев С.В. Теплофизические свойства чернозема южного и некоторых интразональных почв Алтайского края // Особенности мелиорации солонцово-солончаковых почв Западной Сибири. – Омск: Изд-во Омского СХИ, 1986. – С. 11-17.
5. Трофимов И.Т., Макарычев С.В., Семенов М.И., Gladkov Yu.A. Теплофизические свойства солонцов засушливой степи Алтайского края // Засоленные почвы Западной Сибири, их свойства и способы улучшения. – Омск: Изд-во Омского СХИ, 1984. – С. 28-35.
6. Ожгибцева Е.Я., Толстов М.В., Макарычев С.В. Повышение плодородия мелиорированных солонцов // Мелиоративные особенности почв солончаково-солонцовых комплексов Западной Сибири и пути их интенсивного использования. – Омск: Изд-во Омского СХИ, 1990. – С. 68-74.

7. Макарычев С.В. Теплофизические основы мелиорации почв. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 279 с.

References

1. Pochvy Altaiskogo kraya. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1999. – 382 s.
2. Makarychev S.V., Mazirov M.A. Teplofizika pochv: metody i svoistva. – Suzdal', 1996. – 231 s.
3. Panfilov V.P., Makarychev S.V., Lunin A.I. i dr. Teplofizicheskie svoistva i rezhimy chernozemov Priob'ya. – Novosibirsk: Nauka, 1981. – 120 s.
4. Trofimov I.T., Makarychev S.V. Teplofizicheskie svoistva chernozema yuzhnogo i nekotorykh intrazonal'nykh pochv Altaiskogo kraja // Osobennosti melioratsii solontsovo-solonchakovykh pochv Zapadnoi Sibiri. – Omsk: Izd-vo Omskogo SKhI, 1986. – S. 11-17.
5. Trofimov I.T., Makarychev S.V., Semenov M.I., Gladkov Yu.A. Teplofizicheskie svoistva solontsov zasushlivoi stepi Altaiskogo kraja // Zasolennye pochvy Zapadnoi Sibiri, ikh svoistva i sposoby uluchsheniya. – Omsk: Izd-vo Omskogo SKhI, 1984. – S. 28-35.
6. Ozhgibitseva E.Ya., Tolstov M.V., Makarychev S.V. Povyshenie plodorodiya meliorirovannykh solontsov // Meliorativnye osobennosti pochv solonchakovo-solontsovykh kompleksov Zapadnoi Sibiri i puti ikh intensivnogo ispol'zovaniya. – Omsk: Izd-vo Omskogo SKhI, 1990. – S. 68-74.
7. Makarychev S.V. Teplofizicheskie osnovy melioratsii pochv. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2005. – 279 s.



УДК 631.67(004.94)



В.И. Заносова, Д.М. Гребенкина
V.I. Zanosova, D.M. Grebenkina

**МЕТОДИКА ОЦИФРОВКИ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ ОРОШАЕМОГО МАССИВА**

DIGITIZATION TECHNIQUE TO COMPILE THEMATIC MAPS OF IRRIGATED LAND

Ключевые слова: цифровая тематическая карта, почвенный покров, оцифровка, система координат, пространственная привязка, орошаемый массив.

Keywords: digital thematic map, soil cover, digitization, coordinate system, georeferencing, irrigated land.