

gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Posvyashchaetsya 105-letiyu Sergeya Nikolaevicha Tyuremnova (1905-1971 gg.) / Tomsk, 2010. Ser. Biosfera bolota. – 148 s.

2. GOST 11305-83. Torf. metody opredeleniya vlazhnosti. – M.: Izd-vo statsionarov, 1983. – 7 s.

3. Nastavlenie gidrometeorologicheskim stantsiyam i postam. – L.: Gidrometeoizdat, 1990. – Vyp. 8. – 360 s.

4. Metodicheskie ukazaniya po raschetam stoka s neosushennykh i osushennykh bolot / M-vo prirod. resursov i ekologii RF, Feder. sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy. – SPb.: Peterburgskiy modnyy bazar, 2011. – 150 s.

5. Kurakov S.A., Krutikov V.A., Ushakov V.G., Galkin V.I., Trofimov Yu.S. Razrabotka avtonomnoy informatsionno-izmeritelnoy sistemy monitoringa klimaticheskikh kharakteristik sostoyaniya okruzhayushchey sredy // Vosmoe sibirskoe soveshchanie po klimato-ekologicheskomu monitoringu: mat. rossiyskoy konf. / pod red. M.V. Kabanova. – Tomsk: Agraf-Press, 2009. – S. 370.

6. Romanov V.V. Gidrofizika bolot. – L.: Gidrometeoizdat, 1961. – 360 s.

7. Ivanov K.E. Vodoobmen v bolotnykh landshaftakh. – L.: Gidrometeoizdat, 1975. – 280 s.

8. Chechkin S.A. Vodno-teplovoy rezhim neosushennykh bolot i ego raschet. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 205 s.

9. Pavlova K.K. Teplovye svoystva deyatelnogo sloya bolot // Tr. GGI. Vyp. 177. 1969. – S. 119-155.

10. Kiselev M.V., Voropay N.N., Dyukarev E.A. Osobennosti temperaturnogo rezhima pochv verkhovogo bolotnogo massiva // Izvestiya Vysshikh uchebnykh zavedeniy. Fizika. – Tomsk, 2016. – No. 7-2. – С. 93-97.

11. Kiselev M.V., Voropay N.N., Dyukarev E.A. Temperaturnyy rezhim pochv osokovo-sfagnovoy topi verkhovogo bolota v yuzhnoy tayge Zapadnoy Sibiri // Geografiya i prirodnye resursy. – 2017. – No. 3. – S. 110-117. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-3(110-117).

12. Chechkin S.A. Temperaturnyy rezhim bolot // Tr. GGI. Vyp. 126. 1965. – S. 34-42.

13. Glebov F.Z. Vzaimootnosheniya lesa i bolota v taezhnoy zone. – Novosibirsk: Nauka, Sib. otdelenie, 1988. – 184 s.

14. Efremova T.T., Efremov S.P., Avrova A.F., Melenteva N.V. Lesoekologicheskaya otsenka gidrotermicheskikh usloviy osushennykh bolot Zapadnoy Sibiri // Pochvovedenie. – 2011. – No. 1. – S. 58-65.

15. Liss O.L., Berezina N.A. Bolota Zapadno-Sibirskoy ravniny. – M.: Izd-vo MGU, 1981. – 204 s.



УДК 631.445.53:631.436

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

СОЛОНЧАКИ И СОЛОДИ: СВОЙСТВА, ВОЗМОЖНОСТЬ МЕЛИОРАЦИИ

SOLONCHAK AND SOLOD SOILS: PROPERTIES AND RECLAMATION POTENTIAL

Ключевые слова: засоленная почва, солончак, солодь, водорастворимые соли, плотность, гумус, гидрологические константы, теплофизические коэффициенты (ТФК).

Солончак и солодь малопригодны или вовсе не пригодны для сельскохозяйственного использования. Мелиорация таких почв связана с большими затратами, а трансформация в пашни нежелательна из-за экологических причин. Объектами исследований явились солончаки, сформированные в условиях засушливой степи, и солоди лесостепной зоны Алтайского края. Профиль солончака тяжелосуглинистый, а почвообразующие породы – легкоглинистые. Плотность сложения элювиаль-

ного горизонта невысока. С глубиной она растет. Солончак имеет значительную гигроскопичность и водоудерживающую способность. Минимальная объемная теплоемкость солончака характерна для гумусового горизонта, а максимальная – для гор. С. Температуропроводность вниз по профилю снижается, но быстро растет при увлажнении. Наибольшее ее значение отмечено в элювиальном горизонте при НВ. Профиль солоди характеризуется резкой дифференциацией по гранулометрическому составу. Гор. А₂ обеднен физической глиной и илом. В целом профиль солоди легкоглинистый. Гумусовый слой рыхлый. Для солоди характерны высокие гидрологические константы. Объемная теплоемкость солоди увеличивается с глубиной. Теплопроводность практически

одинакова для всей почвенной толщи за исключением гор. А₂. Рост влагосодержания в профиле солоди обеспечивает возрастание теплофизических коэффициентов. При этом температуропроводность максимальна в гор. А₁. Применяемые технологии химической мелиорации для исследованных почв неприемлемы из-за высокого уровня залегания грунтовых вод и сильной засоленности. Отсутствие гипса и резкощелочная реакция исключают применение плантажной вспашки. Одним из путей освоения подобных комплексов является лиманное орошение. Нарезка валов позволяет задержать снеготаяние и частично опреснить корнеобитаемый слой. Для нейтрализации соды в гумусовом горизонте лучше вносить небольшие дозы гипса. В результате возможно получение всходов солеустойчивых трав, способных понизить уровень капиллярной каймы.

Keywords: *saline soil, solonchak, solod, water-soluble salts, density, humus, hydrological constants, thermophysical coefficients.*

Solonchak and solod soils are hardly suitable or unsuitable for agricultural use. Reclamation of such soils is associated with heavy costs and transformation into arable lands is not desirable due to environmental reasons. The research targets were solonchaks formed under the conditions of the arid steppe and solods of the forest-steppe zone of the Altai Region. The profile of the solonchak is heavily loamy, and the parent rocks are light loamy ones. The bulk density of the

eluvial horizon is low. It grows with depth. Solonchak features significant hygroscopicity and water retention capacity. The minimum volumetric thermal capacity of solonchak is usual for the humus horizon, and the maximum – for C horizon. Thermal diffusivity decreases down the profile, but increases rapidly at moistening. Its greatest value was revealed in the eluvial horizon at least water capacity. Solod soil profile is characterized by a dramatic differentiation in terms of particle-size distribution. A₂ horizon is depleted by physical clay and silt. In general, solod profile is light clayey. The humus layer is loose. Solod soil is characterized by high hydrological constants. The volumetric thermal capacity of solod increases with depth. Thermal conductivity is almost the same for the entire soil stratum with the exception of A₂ horizon. Moisture content increase in solod profile contributes to the increase of thermophysical coefficients. In this case, the thermal diffusivity is maximum in A₁ horizon. The conventional chemical reclamation techniques are unacceptable for the studied soils due to the high level of groundwater and heavy salinity. The absence of gypsum and hard alkaline reaction exclude the use of trench plowing. One of the ways to develop such soil areas is inundative irrigation. Ridge-forming tillage enables to delay snow melting and partially desalinate the root layer. To neutralize soda in the humus horizon, it is better to apply small doses of gypsum. As a result, it is possible to obtain shoots of salt tolerant grasses that can lower the capillary fringe level.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Почвы называют засоленными, если в их профиле присутствуют легкорастворимые соли, токсичные для сельскохозяйственных растений. Они получили широкое распространение в сухостепной, степной и лесостепной зонах. Географическое распространение таких почв определяет их почвами зональными, которые сопутствуют как черноземному, так и каштановому типам почвообразования [1, 2].

Тем не менее засоленные почв обладают характерными свойствами, которые позволяют отличать их от преобладающих почвенных типов той или иной почвенно-климатической зоны. В силу крайне негативных особенностей они зачастую малопригодны или вовсе не пригодны для сельскохозяйственного использования. Мелиорация таких почв связана с большими затратами, а трансформация в пашни нежелательна из-за экологических причин.

Объекты и методы

Объектами исследований явились солончаки, сформированные в условиях засушливой степи, и солоды лесостепной зоны Алтайского края. При этом были использованы методы, общепринятые в почвоведении и агрофизике [3]. Для определения теплофизических характеристик использовался импульсный метод, а также запатентованные расчетные методы [4].

Результаты исследований

Солончак луговой. Солончаками называют почвы, которые характеризуются сильной концентрацией водорастворимых солей во всем почвенном профиле [5]. Солончаки на территории Алтайского края занимают незначительные площади совместно с основными типами почв или образуют небольшие массивы. Они приурочены к западинам, часто не имеющим стока, приозерным или приболотным понижениям равнин.

Пухлые и соровые разновидности солончаков зачастую не подлежат мелиорации и освоению, поэтому нами были исследованы луговые солончаки степной зоны, используемые в сельскохозяйственном производстве.

Почвообразующими породами солончаков служат озерно-аллювиальные отложения [6, 7]. В составе твердой фазы почвы преобладают кварц и полевые шпаты. Илистая фракция содержит гидрослюды. Растительность представлена лебедой бородавчатой, бескильницей и полынями. Гумусово-аккумулятивный горизонт солончака содержит лишь 2,7% гумуса. Здесь тип органического вещества гуматный, а в нижележащих частях профиля – фульватный.

Почвенный профиль солончака имеет тяжело-суглинистый гранулометрический состав, а почвообразующие породы – легкоглинистый. Он представлен пылеватой фракцией (до 60%). Количество илстых частиц растет при переходе от гор. А к гор. С с 17,4 до 35,1%.

Плотность сложения элювиального горизонта солончака невысокая. С глубиной она увеличивается до 1,55 г/см³. Плотность твердой фазы лежит в пределах 2,46-2,57 г/см³. Профиль солончака характеризуется значительной гигроскопичностью и водоудерживающей способностью. Все гидрофизические константы возрастают вниз по профилю, что вызвано утяжелением гранулометрического состава и преобладанием в профиле илистой фракции. Солончак имеет высокую общую скважность и порозность аэрации.

Большая гигроскопичность обусловлена сильным засолением профиля солончака. В горизонтах А, В и ВС сумма солей составляет 1,95; 2,72 и 3,19% соответственно. В почвообразующей породе она снижается до 1,38%.

Засоление верхней части профиля сульфатное, ниже становится сульфатно-хлоридным, а в подстилающей породе – хлоридно-сульфатным.

Теплофизическое состояние солончака по профилю довольно сложное (табл. 1).

Минимальная объемная теплоемкость характерна для гумусового горизонта, а максимальная – для горизонта С. Удельная теплоемкость также увеличивается с глубиной. К этому приводят повышение дисперсности почвы и высокое содержание илистой фракции. В то же время теплопроводность при переходе к почвообразующей породе снижается, что обусловлено как увеличением дисперсности, так и уплотнением почвенного профиля. В обезвоженном состоянии

теплопроводность также уменьшается вниз по профилю.

Увлажнение изменяет величины теплофизических коэффициентов (табл. 1). Так, теплопроводность быстро растет с увеличением влагосодержания. Наибольшее ее значение отмечено в элювиальном горизонте при наименьшей влагемкости (НВ). Более слабый рост этого коэффициента имеет место в нижележащих горизонтах при 25-30% почвенного увлажнения. Высокие значения гидрологических констант генетических горизонтов солончака обусловлены, как было сказано выше, высоким содержанием в них солевого компонента. Это вызывает смещение экстремальных значений теплопроводности и сингулярных точек теплопроводности в сторону высоких влажностей. В результате профиль солончака становится низкотеплопроводным, но назвать его «холодным» нельзя из-за пониженной теплоемкости.

Таблица 1
Объемная теплоемкость ($C_p, 10^6$ (Дж/м³К)),
температуропроводность ($\alpha, 10^{-6}$ м²/с),
теплопроводность ($\lambda, Вт/(м К)$) солончака (Р. 17 с)

ТФК	Сухая	МГ	ВЗ	0,75НВ	ПВ
Горизонт А					
C_p	0,955	1,334	1,523	1,616	1,938
α	0,356	0,570	0,620	0,640	0,639
λ	0,340	0,760	0,944	1,034	1,379
Горизонт В					
C_p	1,118	1,638	1,900	2,068	2,383
α	0,273	0,400	0,440	0,460	0,455
λ	0,305	0,655	0,836	0,951	1,084
Горизонт ВС					
C_p	1,048	1,678	1,993	2,049	2,385
α	0,300	0,340	0,370	0,382	0,374
λ	0,314	0,571	0,737	0,779	0,930
Горизонт С					
C_p	1,047	2,149	2,520	2,787	3,249
α	0,190	0,270	0,306	0,320	0,312
λ	0,267	0,580	0,769	0,892	1,073

Солодь. Солоди в Алтайском крае сформировались в зоне черноземов в условиях колочной степи под березово-осиновыми перелесками, произрастающими в западинах бессточных форм микрорельефа. Явления осолодения интенсивно развиваются и на равнине, которая выходит из-под влияния паводков. Эти процессы протекают во время высыхания аллювиальных равнин и сопровождаются облесением заболоченных понижений рельефа.

Признаки морфологии практически одинаковы для зоны черноземов и севера зоны каштановых почв. В верхней части профиля сформирован дернинный с низкой плотностью сложения гор. А₁ мощностью до 8 см, пронизанный корнями. Ниже он переходит в осолоделый белесый гор. А₂ толщиной до 20 см. Он характеризуется плотным сложением, пластинчатой структурой, мучнистый. Иллювиальный гор. В мощность 20-25 см имеет темно-бурю окраску с коричневатым оттенком. Он насыщен коллоидами, плотный и вязкий. С глубины 80-90 см его подстиляет почвообразующая порода.

Исследованная солодь (Р. 19 с) сформировалась на лессовидных суглинках, поэтому ее минералогический состав аналогичен солончаку. Профиль солоди характеризуется резкой дифференциацией по гранулометрическому составу. Он обеднен физической глиной и фракцией ила в осолоделом горизонте (38,5 и 15,7% соответственно), содержит большое количество тонких частиц в иллювиальном (18,5%) и в нижележащем горизонте (34,5%). Осолоделый горизонт А₂ обогащен крупной пылью и мелким песком. В почвообразующей породе много крупнопесчаной фракции (13,4%). Профиль солоди легкоглинистый.

Водорастворимых солей в элювиальном горизонте солоди немного. В гор. В их содержание увеличено, в подстилающей породе достигает максимума.

Гумусовый горизонт рыхлый. С глубиной плотность сложения постепенно возрастает до 1,49 г/см³. Плотность твердой фазы близка по своим значениям к солончаку. Общая скважность и порозность аэрации значительны (62,9 и 42,7% соответственно), но вниз по профилю снижаются.

Плодородие солодей низкое из-за малого содержания гумуса и питательных веществ, а также временного переувлажнения. В верхнем слое количество гумуса может равняться 7%, но уже в осолоделом горизонте оказывается меньше 1%. Для солоди характерны высокие максимальная гигроскопичность (6-11%) и наименьшая влагоемкость (21-28%).

Теплофизические свойства солоди отражают ее гранулометрический состав и общие физические свойства (табл. 2).

Объемная теплоемкость солоди с глубиной возрастает. Повышенное содержание гумуса в гор. А₁ обуславливает более значительную удельную теплоемкость по сравнению с гор. А₂. В обезвоженном состоянии температуропровод-

ность вниз по профилю уменьшается за счет уплотнения генетических горизонтов. Теплопроводность практически одинакова для всей почвенной толщи за исключением гор. А₂, в котором она имеет пониженные значения (табл. 2).

Рост влагосодержания в профиле солоди обеспечивает увеличение теплофизических коэффициентов. Температуропроводность максимальна в гор. А₁ и А₂ при 18-20% почвенной влажности, а в подстилающих горизонтах – при 25%.

Таблица 2
Объемная теплоемкость (Ср, 10⁶ Дж/(м³ К)), температуропроводность (α, 10⁻⁶ м²/с), теплопроводность (λ, Вт/(м К)) солоди (Р. 18 с)

ТФК	Сухая	МГ	ВЗ	0,75НВ	ПВ
Горизонт А ₁					
Ср	1,064	1,326	1,459	1,701	1,912
α	0,385	0,450	0,486	0,550	0,545
λ	0,410	0,597	0,708	0,936	1,092
Горизонт А ₂					
Ср	1,159	1,461	1,612	1,935	2,190
α	0,256	0,305	0,330	0,380	0,385
λ	0,297	0,446	0,532	0,735	0,865
Горизонт В					
Ср	1,746	2,166	2,379	2,763	3,098
α	0,241	0,305	0,325	0,370	0,385
λ	0,421	0,661	0,773	1,022	1,208
Горизонт С					
Ср	1,846	2,509	2,841	3,179	3,623
α	0,213	0,270	0,305	330	0,310
λ	0,393	0,677	0,867	1,050	1,123

Подчеркнем, что исследованные солончак и солодь имеют сходный характер изменений термических характеристик, поскольку образованы одинаковыми почвообразующими породами.

Следует отметить, что применяемые технологии химической мелиорации для исследованных нами почв неприемлемы из-за высокого уровня залегания застойных грунтовых вод и сильной засоленности. Отсутствие гипса и резкощелочная реакция также исключают применение плантажной вспашки.

Одним из путей освоения подобных комплексов является лиманное орошение [2]. Нарезка валов позволяет задержать снеготаяние и талыми водами частично опреснить корнеобитаемый слой. Для нейтрализации соды в гумусовом горизонте целесообразно вносить небольшие дозы гипса. В результате возможно получение всходов солеустойчивых трав, способных понизить уровень капиллярной каймы [8].

Выводы

1. Почвенный профиль солончака имеет тяжелоуглинистый гранулометрический состав, а почвообразующие породы – легкоглинистый. Плотность сложения элювиального горизонта солончака невелика. С глубиной она увеличивается до 1,55 г/см³. Солончак имеет значительную гигроскопичность и водоудерживающую способность, что обусловлено сильным засолением.

2. Минимальная объемная теплоемкость солончака характерна для гумусового горизонта, а максимальная – для гор. С. Температуропроводность при переходе к почвообразующей породе снижается, но быстро растет с увеличением влагосодержания. Наибольшее ее значение отмечено в элювиальном горизонте при НВ.

3. Профиль солоди характеризуется резкой дифференциацией по гранулометрическому составу. Осолоделый горизонт обеднен физической глиной и фракцией ила. В целом профиль солоди легкоглинистый. Гумусовый горизонт рыхлый. С глубиной плотность сложения постепенно возрастает до 1,49 г/см³. Для солоди характерны высокие гидрологические константы.

4. Объемная теплоемкость солоди вниз по профилю увеличивается. Повышенное содержание гумуса в гор. А₁ обуславливает значительную удельную теплоемкость по сравнению с осолоделым гор. А₂. Теплопроводность практически одинакова для всей почвенной толщи за исключением гор. А₂. Рост влагосодержания в профиле солоди обеспечивает возрастание теплофизических коэффициентов. При этом температуропроводность максимальна в гор. А₁ и А₂.

5. Применяемые технологии химической мелиорации для исследованных почв неприемлемы из-за высокого уровня залегания застойных грунтовых вод и сильной засоленности. Отсутствие гипса и резкощелочная реакция исключают применение плантажной вспашки.

Одним из путей освоения подобных комплексов является лиманное орошение. Нарезка валов позволяет задержать снеготаяние и частично опреснить корнеобитаемый слой. Для нейтрализации соды в гумусовом горизонте целесообразно

вносить небольшие дозы гипса. В результате возможно получение всходов солеустойчивых трав, способных понизить уровень капиллярной каймы.

Библиографический список

1. Кушнаренко В.Е. Особенности почвообразования на межболотно-колочных пространствах Ишим-Иртышской лесостепи // Сб. науч. тр. – Омск: ОмСХИ, 1986. – С. 17-23.

2. Парфенов А.И., Шилов М.П. Особенности почвенного покрова приозерных солонцово-солончаковых комплексов северной лесостепи Омской области // Сб. науч. тр. – Омск: ОмСХИ, 1984. – С. 23-28.

3. Вадюнина А.В. Корчагина З.А. Методы определения физических свойств почв и грунтов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

4. Макарычев С.В., Беховых Ю.В., Болотов А.Г. Система термостатирования для исследования теплофизических свойств почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 6(68). – С. 23-27.

5. Почвы Алтайского края. – М.: Изд-во АН СССР. – 382 с.

6. Трофимов И.Т., Вялкова Л.И., Макарычев С.В., Макарычева Л.Н. Опыт мелиорации солонцов сухостепной зоны Алтайского края // Эффективность удобрений в севооборотах Алтайского края. – Барнаул: АСХИ, 1988. – С. 98-110.

7. Пудовкина Т.А. Засоленные почвы зоны влияния Кулундинского канала // Сб. науч. тр. – Омск: ОмСХИ, 1986. – С. 28-33.

8. Курсакова В.С. Влияние многолетних трав на засоление почв // Сб. науч. тр. – Омск: ОмСХИ, 1984. – С. 35-39.

References

1. Kushnarenko V.E. Osobennosti pochvoobrazovaniya na mezhbolotno-kolochnykh prostranstvakh Ishim-Irtyshskoy lesostepi // Sb. nauch. tr. – Omsk: OmSKhI, 1986. – S. 17-23.

2. Parfenov A.I. Osobennosti pochvennogo pokrova priozernykh solontsovo-solonchakovykh kompleksov severnoy lesostepi Omskoy oblasti /

A.I. Parfenov, M.P. Shilov // Sb. nauch. tr. – Omsk; OmSKhI, 1984. – S. 23-28.

3. Vadyunina A.V. Metody opredeleniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov / A.V. Vadyunina, Z.A. Korchagina. – M.: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

4. Makarychev S.V. Sistema termostatirovaniya dlya issledovaniya teplofizicheskikh svoystv pochv / S.V. Makarychev, Yu.V. Bekhovykh, A.G. Bolotov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 6 (68). – S. 23-27.

5. Pochvy Altayskogo kraja. – M.: Izd-vo AN SSSR. – 382 s.

6. Trofimov I.T. Opyt melioratsii solontsov sukhostepnoy zony Altayskogo kraja / I.T. Trofimov, L.I. Vyalkova, S.V. Makarychev, L.N. Makarycheva // Effektivnost udobreniy v sevooborotakh Altayskogo kraja. – Barnaul: Izd-vo ASKhI, 1988. – S. 98-110.

7. Pudovkina T.A. Zasolennye pochvy zony vliyaniya Kulundinskogo kanala // Sb. nauch. tr. – Omsk: OmSKhI, 1986. – S. 28-33.

8. Kursakova V.S. Vliyanie mnogoletnikh trav na zasolenie pochv // Sb. nauch. tr. – Omsk: OmSKhI, 1984. – S. 35-39.

