

БОНИТИРОВОЧНАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ПО ИХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

EVALUATION OF SOILS ACCORDING THEIR THERMOPHYSICAL STATE

Ключевые слова: сероземные почвы, горные почвы, температуропроводность, диапазон активной температуропроводности, бонитет, районирование.

Экспериментальное изучение теплофизических характеристик почвенного покрова дает возможность их классификации по некоторым признакам, а также определения их теплофизического бонитета. Для классификации почв был использован «диапазон активной температуропроводности», т.е. разность температуропроводности при наименьшей влагоемкости и влажности завядания. В результате исследованные почвы были разделены на четыре класса по степени отзывчивости температуропроводности на увлажнение. Была также проведена бонитировочная оценка почв по их способности к прогреванию или охлаждению, основанная на знании максимальной температуропроводности в диапазоне влажности разрыва капиллярных связей (ВРК) и наименьшей влагоемкости (НВ). Был предложен метод картирования почвы гор и равнин по их теплофизическим параметрам: теплоемкости, тепло- и температуро-

проводности при любой степени почвенного увлажнения или в абсолютно сухом состоянии.

Keywords: sierozem soils, mountain soils, thermal diffusivity, active thermal diffusivity range, soil quality class, zoning.

Experimental study of thermophysical characteristics of soil cover makes it possible to classify them according to some properties and determine their thermophysical quality. Active thermal diffusivity range, i.e. the difference of thermal diffusivity at the least field capacity and wilting point was used for soil classification. The investigated soils were divided into four classes according to the degree of thermal diffusivity response to moistening. The soils were also evaluated according to their ability to warm-up or cool down; this evaluation was based on the knowledge of the maximum thermal diffusivity in the range of capillary bond rupture moisture and field capacity. A technique was proposed and the soils of mountains and plains were mapped according to the following thermophysical parameters: thermal capacity, thermal conductivity and thermal diffusivity and at any level of soil moisture or in absolutely dry state.

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

Изучение теплофизических параметров равнинных и горных почв Западного Тянь-Шаня дает возможность классификации и оценки их теплофизического состояния, то есть совокупности коэффициентов теплоаккумуляции и теплопереноса. Бонитировка почв предполагает оценку качества конкретного объекта почвы как самостоятельного природного тела, обладающего плодородием за счет аккумуляции и преобразования солнечной энергии [1, 2]. В данном случае имеется в виду бонитировочная классификация почв на основе их термических параметров.

В настоящее время в результате длительного и экстенсивного использования равнинные (сероземы) и горные (коричневые и бурые горно-лесные) почвы подвер-

гаются выпахиванию, эрозионному разрушению, подтоплению и вторичному засолению. Это приводит к усреднению, выравниванию их признаков и свойств: гумусированности, плотности сложения, водно- и теплофизических показателей. В связи с этим весьма целесообразна определенная классификация исследованных почв по тому или иному признаку.

Объекты и методы

В качестве объектов были исследованы горные коричневые и сероземные почвы равнин Узбекистана. **Целью** работы явилась оценка их теплофизического бонитета по величине коэффициента температуропроводности. Были использованы экспериментальные методы определения общих физических и теплофизических показателей [3].

Результаты исследований

Для классификации почв мы используем так называемый «диапазон активной температуропроводности» (ДАТ) [4, 6], то есть разность температуропроводности при наименьшей влагоемкости (НВ) и влажности завядания (ВЗ).

По нашему мнению, для почв Западного Тянь-Шаня целесообразно использование четырех уровней шкалы отзывчивости температуропроводности на гидромелиорацию:

Класс	Отзывчивость	ДАТ, $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$
I	Сверхактивная	$>0,20$
II	Активная	$0,20-0,15$
III	Посредственная	$0,15-0,10$
IV	Пассивная	$<0,10$

Диапазоны активной температуропроводности как для верхнего (30 см) слоя, так и средние для почвенного профиля представлены в таблице 1.

Анализируя данные таблицы 1 и шкалу отзывчивости, следует отметить, что к первому классу с максимальной реакцией на увлажнение относятся, в первую очередь, горные коричневые и, во вторую, бурые горно-лесные почвы. Особенно выражено это в верхнем (30 см) слое горной корич-

невой почвы, расположенной на северном склоне, где ДАТ достигает $0,281 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. К группе почв с активной отзывчивостью принадлежит верхний слой Р.118, расположенный на водоразделе и более гумусированный в дерновом горизонте. Содержащие большее количество органики бурые горно-лесные почвы имеют меньший ДАТ в верхней части профиля.

Средние, рассчитанные для почвенного профиля, значения ДАТ вносят некоторые коррективы. Для горных почв они, за исключением разреза 118, оказываются ниже, чем в верхнем (30 см) слое. В первую очередь здесь сказывается влияние плотности сложения подстилающих почвенных горизонтов, которая значительно выше по сравнению с верхним гумусовым.

Сильная реакция на степень почвенного увлажнения в горных бурых и коричневых почвах, не деградированных под воздействием длительного орошения, позволяет активно управлять термическим режимом в их профиле путем применения малых оросительных доз с целью ускорения процессов теплопереноса и подготовки таких почв к вегетационному периоду.

Таблица 1

Диапазон активной температуропроводности (ДАТ) почв Западного Тянь-Шаня, $10 \text{ м}^2/\text{с}$ (числитель – слой 0-30 см, знаменатель – средний для профиля)

Горные почвы					
Бурые горнолесные		Горные коричневые			
Р.101	Р.11	Р.116	Р.117	Р.118	
<u>0,200</u>	<u>0,209</u>	<u>0,281</u>	<u>0,250</u>	<u>0,190</u>	
0,142	0,150	0,221	0,223	0,288	
Сероземы целинные					
Темные		Типичные		Светлые	
Р.115	Р.119	Р.126	Р.127	Р.50	
<u>0,177</u>	<u>0,174</u>	<u>0,111</u>	<u>0,188</u>	<u>0,074</u>	
0,117	0,132	0,069	0,225	0,065	
Сероземы богарные					
Темные		Типичные			
Р.121	Р.122	Р.124	Р.128	Р.129	
<u>0,113</u>	<u>0,091</u>	<u>0,083</u>	<u>0,055</u>	<u>0,036</u>	
0,123	0,086	0,142	0,067	0,037	
Орошаемые почвы					
Р.147	Р.31	Р.35	Р.37	Р.53	Р.134
<u>0,082</u>	<u>0,099</u>	<u>0,048</u>	<u>0,035</u>	<u>0,093</u>	<u>0,061</u>
0,051	0,088	0,041	0,028	0,096	0,051

Равнинные целинные сероземы характеризуются достаточно высокой отзывчивостью на увлажнение. Так, суглинистые гумусовые горизонты темного (Р. 115, 119) и типичного (Р. 127) сероземов относятся ко второму классу, имея ДАТ в пределах $(0,15-0,20) \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. В то же время профиль сероземов в целом слабее реагирует на орошение и относится к III классу отзывчивости по ДАТ.

Наиболее слабо реагирует на влагу светлый серозем как в верхнем горизонте, так и в нижележащих. При этом ДАТ составляет, соответственно, 0,074 и $0,065 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, что относит эти почвы к четвертому классу.

Богарные сероземы, находящиеся под антропогенным воздействием, имеют ДАТ меньший, чем целинные. При этом темные сероземы оказываются несколько активнее типичных. Так, Р.121 темных сероземов относится к третьему классу, Р. 122 и 124 имеют ДАТ, $0,101 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, тогда как типичные (Р. 128, 129) – только 0,055 и $0,036 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ соответственно. Это, прежде всего, объясняется более тяжелым гранулометрическим составом и образованием уплотненной подплужной подошвы.

Орошаемые длительное время почвы имеют минимальный ДАТ и все относятся к четвертому классу отзывчивости, особенно глинистые разновидности лугово-аллювиальные (Р. 35) и болотно-луговые (Р. 37), в которых ДАТ снижается до $0,028 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Слитые и уплотненные профили этих почв практически не реагируют на увлажнение: коэффициенты теп-

лопередачи их горизонтов изменяются слабо [7]. Это не дает возможности для активного управления теплофизическим состоянием их профилей. В результате частично деградированные орошаемые почвы, как правило, «холодные», т.е. слабо прогреваемые. На них период вегетации удлинен и созревание хлопка задерживается.

Основываясь на знании теплофизических коэффициентов почв Западного Тянь-Шаня, прежде всего, максимальной теплопроводности, проведем бонитировочную оценку их по способности к прогреванию после выхода из-под зимы, что определяет сроки сева.

В таблице 2 представлена средняя для почвенного профиля максимальная теплопроводность, приходящаяся на диапазон увлажнения НВ-ВРК, т.е. на наиболее оптимальный режим влажности. Принимая за бонитировочный стандарт профиль среднесуглинистой бурой горно-лесной почвы, как наиболее благоприятный для теплообмена и характеризующийся максимальной теплопроводностью, определим баллы почв Западного Тянь-Шаня (табл. 2).

Из таблицы 2 следует, что наилучшим образом отвечают на возможную гидро-мелиорацию и обеспечивают высокую степень теплообмена в почвенном профиле бурые горно-лесные почвы. Несколько ниже по своим термическим качествам горные коричневые почвы, в которых теплопроводность составляет $0,587 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, а балл бонитета – 90%.

Таблица 2

Максимальная теплопроводность, $10^6 \text{ м}^2/\text{с}$ и балл теплофизического бонитета почв Западного Тянь-Шаня

Название почвы	Теплопроводность	Балл бонитета
Бурые горно-лесные	0,654	100
Горные коричневые	0,587	90
Сероземы темные, целинные	0,522	80
Сероземы типичные, целинные	0,531	81
Сероземы светлые, целинные	0,499	76
Сероземы темные, богара	0,513	78
Сероземы типичные, богара	0,518	79
Сероземы типичные, орошаемые	0,502	76

Равнинные сероземные почвы имеют меньшую теплопроводность и балл бонитета (теплофизического), который лежит в пределах 80-81% для целинных темных и типичных сероземов. В светлых сероземах он минимален. Сельскохозяйственное использование снижает как абсолютные значения теплопроводности (скорости распространения тепла), так и теплофизический бонитет, который в богарных сероземах составляет 78-79%, что ниже, чем в целинных.

Длительные гидромелиорации сильнее сказываются на коэффициентах переноса, снижая теплопроводность до $0,5 \times 10^{-6}$ м²/с, а бонитет – до 76% в орошаемых сероземах и сероземно-луговых почвах.

Подводя итог, следует подчеркнуть, что антропогенное воздействие, как правило, ухудшает теплофизическое состояние почв. Естественно, такие последствия требуют исправления не только путем внесения удобрений, но и применения различных агротехнических приемов, изменяющих физические свойства почв, использования оптимальных оросительных норм, направленных не только на поддержание, но и улучшение термического бонитета и максимальное усвоение лучистой энергии, определяющей сокращение вегетационного периода теплолюбивых сельскохозяйственных культур.

Накопленный банк данных по теплофизическим свойствам почв Западного Тянь-Шаня позволяет решать вопрос о возможности картирования почв региона по термическим параметрам. Впервые карты-схемы коэффициентов теплопередачи равнинной части территории бывшего СССР были составлены Н.В. Серовой [8]. Ею были рассчитаны средние за летний период теплофизические характеристики 50-сантиметрового слоя почв. Составленная таким образом почвенная карта далека от реальных условий, складывающихся в почвенном профиле. Так, чрезмерное увлажнение или иссушение почвы приводит к значительному расхождению в теплофизических показателях.

С.В. Макарычев предложил иной путь картирования почв Юго-Западной Сибири

[9]. Он заключается в том, что экспериментально измеряются теплофизические свойства с помощью лабораторных и полевых методов исследования. К этим свойствам относятся удельная теплоемкость, тепло- и теплопроводность деятельного слоя почвы в абсолютно сухом состоянии. Это делает карту распределения тепловых коэффициентов независимой от разнообразных климатических особенностей и гидротермических режимов почв, формирующихся в различные годы.

При этом реальные теплофизические характеристики могут быть определены при помощи данной карты и банка данных, имеющихся для данной территории.

Тем не менее составление почвенной карты по тепловым параметрам достаточно сложно из-за пестроты почвенных разностей. Поэтому необходим некоторый стабильный показатель, адекватно определяющий физическое состояние почвы. Наиболее консервативным почвенным фактором является дисперсность, именно с ним и согласуется карта-схема теплофизического состояния почв.

Нами были определены средние для почвенной толщи (2 м) коэффициенты тепло- и теплопроводности, а для пахотного горизонта – удельные теплоемкости в абсолютно сухом состоянии, которые позволили составить соответствующие схемы распределения термических коэффициентов.

Наибольшей удельной теплоемкостью обладают сероземы типичные, расположенные в зоне древнего орошения, высококультурные и наиболее плодородные в данном регионе. Но, учитывая высокую теплоемкость (более 1200 Дж/кг К), доволно «холодные».

Промежуточное положение (1000-1200 Дж/кг К) занимают темные сероземы предгорий и низких гор. Наименьшую теплоемкость имеют коричневые почвы, преимущественно грубоскелетные и эродированные, сформированные на склонах различной крутизны средневысоких гор от 1500 до 2500 м над уровнем моря. Сюда же относятся (теплоемкость менее 1000 Дж/кг К) и бурые горно-лесные почвы, расположенные на склонах различной

крутизны и высокой расчлененности на высоте более 2500 м.

На карте температуропроводности данных почв выделяются преимущественно два района. Зона бурых горно-лесных почв характеризуется высокой скоростью теплопереноса, в результате хорошо и быстро должна прогреваться, но из-за низкой теплоемкости ее теплопроводность достигает лишь значений 0,35-0,40 Вт/м К.

Более контрастную картину представляет распределение теплопроводности почв. Здесь выделяются четыре области: низкой теплопередачи (0,35-0,40 Вт/м К) – бурые горно-лесные почвы; удовлетворительной (0,45-0,50 Вт/м К) – коричневые почвы, а также луговые и болотно-луговые аллювиальные почвы пояса типичных сероземов; средней (0,50-0,55 Вт/м К) – темные сероземы; высокой (более 0,55 Вт/м К) – типичные сероземы.

Определенный интерес вызывают карты коэффициентов теплопереноса при наименьшей влагоемкости. Это тем более важно, что исследованные почвы преимущественно орошаемые, в которых поддерживается в течение большей части вегетационного периода степень увлажнения, близкая к НВ.

Наибольшую скорость теплопереноса имеют менее гумусированные и грубодисперсные бурые горно-лесные почвы. Затем по мере убывания располагаются темные сероземы и типичные. Температуропроводностью менее $0,3 \times 10^{-6}$ м²/с обладают карбонатные горно-коричневые почвы. В то же время увлажнение до наименьшей влагоемкости привело к выравниванию коэффициента теплопроводности, а также удельной теплоемкости. Все почвы исследованного региона по этим показателям распределяются на две зоны: коричневые и луговые пояса типичных сероземов имеют наибольшую теплопроводность (1,5-2,0 Вт/м К) и удельную теплоемкость (2500-3000 Дж/кг К), в то время как типичные и темные сероземы – только (1,0-1,5) Вт/м К и (2000-2500) Дж/кг К соответственно.

Таким образом, карты, составленные по теплофизическим свойствам, на наш взгляд, можно использовать для целей ра-

ционального и научно обоснованного водопотребления, что крайне важно в засушливых регионах. Выработка оптимальных норм водно-тепловых мелиораций будет способствовать сохранению водных ресурсов, повышению почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур.

Заключение

С целью классификации исследованных почв по их теплофизическому состоянию был использован так называемый «диапазон активной температуропроводности (ДАТ), т.е. разность температуропроводности при НВ и ВЗ. По этому показателю изученные почвы были разделены на четыре класса.

Для бонитировочной оценки горных и равнинных почв Узбекистана был предложен метод определения их максимальной температуропроводности, приходящийся на диапазон почвенной влажности ВРК-НВ, являющийся оптимальным для возделывания сельскохозяйственных растений.

Полученные данные позволили создать почвенные карты по их теплофизическим характеристикам как в абсолютно сухом состоянии почв, так и при наименьшей влагоемкости.

Библиографический список

1. Бурлакова Л.М. Элементы плодородия черноземов Алтайского Приобья и их оценка в системе господствующего агроценоза: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. – Новосибирск, 1975. – 32 с.
2. Мазиров М.А., Макарычев С.В. Теплофизика почв: антропогенный фактор. Т. 2. – Суздаль: Изд-во Влад. НИИСХ, 1997. – 186 с.
3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. – М.: Высшая школа, 1973. – 398 с.
4. Чичулин А.В. Структурно-генетическая концепция физических свойств почв // Тез. докладов VIII съезда почвоведов. – Новосибирск, 1998. – С. 83.
5. Чичулин А.В. Теплофизические свойства черноземов // Черноземы: свойства и особенности орошения. – Новосибирск: Наука, СО, 1988. – С. 143-159.

6. Макарычев С.В. Взаимосвязь природно-климатического районирования и теплофизического состояния почв Алтайского края // Почвенно-агрономические проблемы Западной Сибири: сб. науч. тр. – Барнаул, 2000. – С. 41-42.

7. Мазиров М.А. Оптимизация тепло- и водно-физических свойств орошаемых почв // Современные проблемы экологии и почвоведения. – М.: МГУ, 1993. – С. 73-77.

8. Серова Н.В. О картировании теплофизических характеристик почв // Климат почв. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – С. 80-86.

9. Мазиров М.А., Макарычев С.В. Теплофизическая характеристика почвенного покрова Алтая и Западного Тянь-Шаня. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2002. – С. 189-194.

References

1. Burlakova L.M. Plodorodie altayskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka, 1984. – 297 s.

2. Mazirov M.A., Makarychev S.V. Teplofizika pochv: antropogennyy faktor. Tom 2. – Suzdal': Izd-vo VI. NIISKh, 1997. – 186 s.

3. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv

pochv i gruntov. – М.: Vysshaya shkola, 1973. – 398 s.

4. Chichulin A.V. Strukturno-geneticheskaya kontseptsiya fizicheskikh svoystv pochv // Tez. dokladov VIII s"ezda pochvedov. – Novosibirsk, 1998. – S. 83.

5. Chichulin A.V. Teplofizicheskie svoystva chernozemov // Chernozemy: svoystva i osobennosti orosheniya. – Novosibirsk: Nauka, SO, 1988. – S. 143-159.

6. Makarychev S.V. Vzaimosvyaz' prirodno-klimaticheskogo rayonirovaniya i teplofizicheskogo sostoyaniya pochv Altayskogo kraya // Pochvenno-agronomicheskie problemy Zapadnoy Sibiri: sb. науч. тр. – Barnaul, 2000. – S. 41-42.

7. Mazirov M.A. Optimizatsiya teplo- i vodno-fizicheskikh svoystv oroshayemykh pochv // Sovremennye problemy ekologii i pochvovedeniya. – М.: МГУ, 1993. – С. 73-77.

8. Serova N.V. O kartirovanii teplofizicheskikh kharakteristik pochv // Kлимат почв. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – С. 80-86.

9. Mazirov M.A., Makarychev S.V. Teplofizicheskaya kharakteristika pochvennogo pokrova Altaya i Zapadnogo Tyan'-Shanya. – Vladimir: Izd-vo VIGU, 2002. – S. 189-194.

