

Характеристика естественного возобновления кедр

№	Группа типов леса	% группы типа леса от площади кедровников	Характеристика возобновления
1	Крупнотравная	7,7	Неудовлетворительное
2	Лишайниковая	0,8	Неудовлетворительное
3	Сфагновая	15,7	Хорошее
4	Разнотравная	15,3	Удовлетворительное
5	Травяно-болотная	6,4	Удовлетворительное
6	Зеленомошная	46,3	Удовлетворительное
7	Долгомошная	2,8	Удовлетворительное
8	Папоротниковая	0,5	Неудовлетворительное
9	Вейниковая	1,9	Удовлетворительное
10	Широкотравная	1,2	Неудовлетворительное
11	Бадановая	1,4	Удовлетворительное

Повышение эффективности лесовосстановительных работ связано с оптимизацией соотношения способов естественного и искусственного возобновления вырубаемых площадей и гарей в региональном разрезе. Это имеет большое биологическое и экономическое значение, так как наряду с учетом возобновительных сил природы конкретизируются технологические приемы создания лесных культур, их объемы, потребность в средствах, технике и т.д. И если в зеленомошной группе типов леса имеется возможность сделать упор на естественное возобновление кедр

Западной Сибири. Новосибирск, 1957. Вып. 3. С. 231-236.

2. Кабалин С.И. О состоянии и воспроизводстве кедровых лесов в Новосибирской области / С.И. Кабалин // Проблемы комплексного использования кедровых лесов. Томск: Изд-во ТГУ, 1982. С. 70-75.

3. Бех И.А. Сибирское чудо-дерево / И.А. Бех, И.В. Таран. Новосибирск: Наука, 1979. 127 с.

5. Бех И.А. Кедровника Южного Приобья / И.А. Бех. Новосибирск: Наука, 1974. 212 с.

6. Крылов Г.В. Кедр / Г.В. Крылов, Н.К. Таланцев, Н.Ф. Козакова. М.: Лесная промышленность, 1983. 216 с.

7. Парфенов В.Ф. Комплекс в кедровом лесу / В.Ф. Парфенов. М.: Лесная промышленность, 1979. 240 с.

8. Таланцев Н.К. Кедровые леса / Н.К. Таланцев, А.Н. Пряжников, Н.П. Мишуков. М.: Лесная промышленность, 1978. 176 с.

**Библиографический список**

1. Кабалин С.И. Опыт лесокультурных работ в Новосибирской области / С.И. Кабалин // Тр. по лесному хозяйству



УДК 631.6:636

**С.В. Макарычев,  
И.В. Гефке**

**КОЭФФИЦИЕНТЫ АККУМУЛЯЦИИ И ПЕРЕНОСА ТЕПЛА  
ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ АЛТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ**

Теплофизические свойства генетических горизонтов чернозема определяются, прежде всего, таким консервативным показателем, как гранулометрический состав. Большую роль в распределении коэффициентов теплоаккумуляции и теплопередачи в

почвенном профиле играют также плотность сложения генетических горизонтов и содержание в них гумуса.

Более детальное выявление этого влияния потребовало проведения ряда экспериментов в полевых условиях, которые были ор-

ганизованы в Сибирском НИИ садоводства им. М.А. Лисавенко на сортоиспытательных участках, занятых грушей и яблоней разного возраста. Они расположены в пригороде Барнаула, на левом берегу Оби в подзоне черноземов умеренно засушливой и колочной степи.

По гранулометрическому составу почвенная толща исследованных черноземов достаточно однородна и представлена средним, очень близким к тяжелому, суглинком. Исключением является почвообразующая тяжелосуглинистая порода. Плотность чернозема с глубиной имеет тенденцию роста, но вплоть до горизонта С она увеличивается в небольших пределах. В результате распределение теплофизических коэффициентов в почвенном профиле приобретает свои особенности. Так, объемная

теплоемкость ( $C_p$ ) при уплотнении почвы с глубиной возрастает в абсолютно сухом состоянии от **1,15-106** до **1,77-106** Дж/(м<sup>3</sup>·К), т.е. на 54%. Аналогично изменяется теплоусвояемость ( $b$ ) (табл.).

В таблице и на рисунке 1 представлены также изменения коэффициентов тепло- и температуропроводности ( $\lambda$ ,  $a$ ) почвы в профиле чернозема в сухом состоянии. Увеличение плотности и снижение порозности с глубиной, т.е. изменение условий молекулярного переноса энергии, служат главной причиной уменьшения температуропроводности нижележащих горизонтов. При этом в исследованном разрезе температуропроводность в профиле чернозема меняется в малых пределах, что составляет не более 25%.

Таблица

*Теплофизические коэффициенты чернозема выщелоченного при различных гидрологических константах*

А					
	0	МГ	ВЗ	ВРК	НВ
$C_p, 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	1,150	1,400	1,40	2,170	2,650
$a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,390	0,496	0,538	0,550	0,410
$\lambda, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	0,441	0,705	0,800	1,174	1,250
$b, 10^{-3} \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с}^{1/2})$	0,790	0,980	1,080	1,530	1,870
АВ					
$C_p, 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	1,120	1,410	1,500	2,000	2,380
$a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,324	0,460	0,500	0,590	0,510
$\lambda, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	0,363	0,647	0,728	1,094	1,186
$b, 10^{-3} \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с}^{1/2})$	0,720	0,950	1,020	1,420	1,700
В					
$C_p, 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	1,340	1,650	1,710	2,100	2,410
$a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,300	0,545	0,634	0,752	0,736
$\lambda, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	0,445	1,151	1,283	1,715	1,820
$b, 10^{-3} \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с}^{1/2})$	1,0980	1,330	1,420	1,960	2,320
ВС					
$C_p, 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	1,560	1,890	1,980	2,340	2,660
$a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,450	0,610	0,668	0,740	0,735
$\lambda, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	0,848	1,130	1,288	1,590	1,790
$b, 10^{-3} \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с}^{1/2})$	0,780	1,180	1,310	1,680	2,090
С					
$C_p, 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	1,770	2,100	2,270	2,510	2,900
$a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	0,350	0,488	0,520	0,552	0,516
$\lambda, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	0,535	1,048	1,150	1,396	1,550
$b, 10^{-3} \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с}^{1/2})$	1,180	1,420	1,560	1,810	2,110

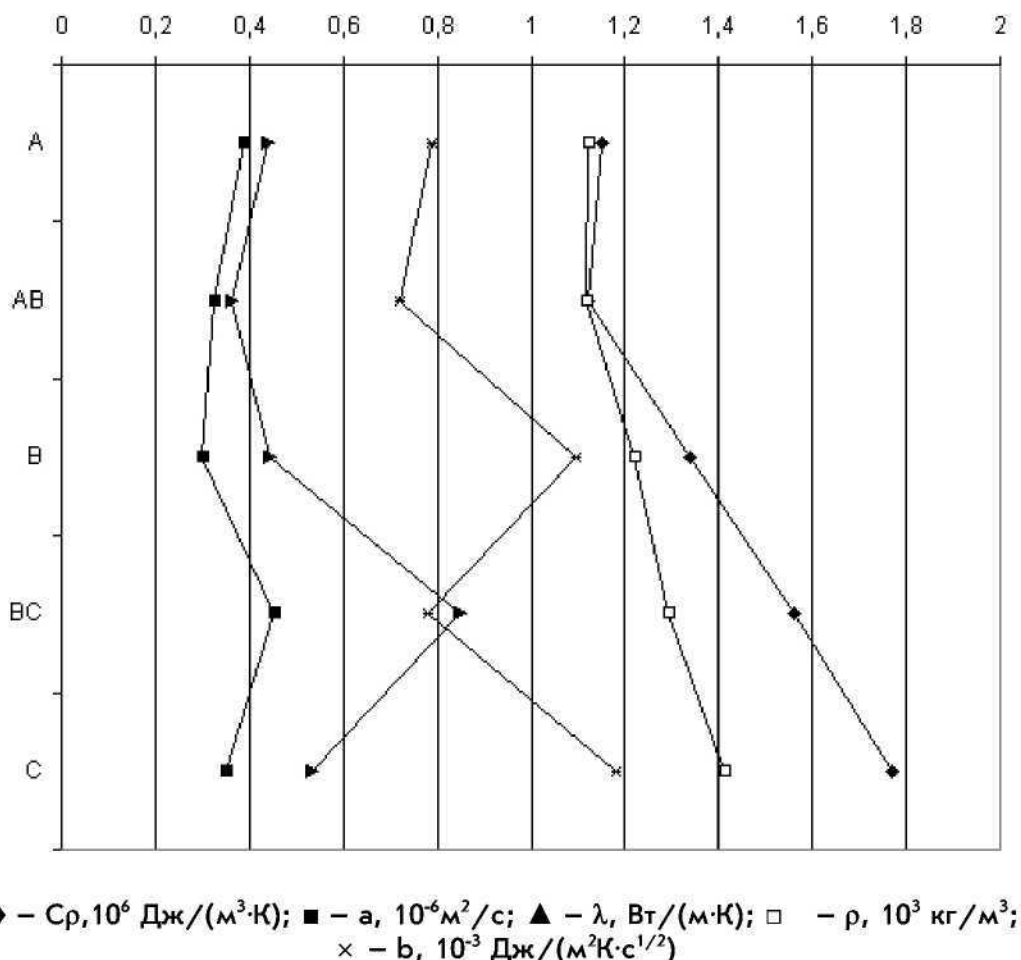


Рис. 1. Распределение коэффициентов аккумуляции и передачи тепла в профиле абсолютно сухого чернозема

При этом максимальной скоростью изменения температуры характеризуются верхний, слабо уплотненный, но содержащий значительное количество органики слой, и более плотный, практически не содержащий гумусовых частиц переходный горизонт BC. Теплопроводность сухой почвы с глубиной возрастает на 30%.

Причиной слабых изменений коэффициентов теплопереноса в почвенной толще является, прежде всего, однородный гранулометрический состав, а также особенности распределения органики и микрочастиц 0,25-0,05 мм. При этом переходный горизонт BC характеризуется повышенными значениями тепло- и температуропроводности, что объясняется, с одной стороны, отсутствием слаботемпературопроводного гумуса и, с другой, — наличием значительного количества хорошо проводящих тепло микроагрегатов.

В таблице приведены также результаты определения теплофизических коэффициентов при различных гидрологических константах. Анализ этих данных показывает, что распределение теплоемкости, теплопроводности, температуропроводности в почвен-

ном профиле при различной степени увлажнения генетических горизонтов аналогично абсолютно сухому состоянию. Объемная теплоемкость, теплоусвояемость и теплопроводность с глубиной увеличиваются как при максимальной гигроскопичности, так и при наименьшей влагоемкости. Изменение температуропроводности в почвенной толще обусловлено указанными выше причинами.

Рисунки 2 и 3 дают наглядное представление о характере изменения теплофизических характеристик основных почвенных горизонтов чернозема в зависимости от влажности. Так, из рисунка 3 следует, что объемная теплоемкость подчинена линейному закону изменения в соответствии с уравнением

$$C_p = C_{\rho 0} + C_{ж\rho 0} U,$$

где  $C_x = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$  - удельная теплоемкость воды;

$\rho_0$  - плотность абсолютно сухой почвы;

$C_{\rho 0}$  - объемная теплоемкость сухой почвы;

$U$  - влажность почвы, %.

При увлажнении почвы от абсолютно сухого состояния до НВ изменения теплоемкости и теплоусвояемости остаются линейными. При этом наименьшими величинами теплоаккумуляции обладают верхние, слабо уплотненные горизонты чернозема, а наибольшими – почвообразующая порода. Следует отметить, что экспериментально измеренные значения удельной теплоемкости соответствуют величинам, полученным из уравнения С.В. Макарычева (1996) [1]:

$$C_{\rho_0} = \frac{C_{ж} U_{пв} (\rho_0 - 0,76\rho_{жс})}{0,76\rho_{жс}}$$

где  $C_{ж} = 4190$  Дж/(кг·К) – удельная теплоемкость воды;

$\rho_{жс} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $U_{пв}$  – полная влагоемкость;

$\rho_0$  – плотность абсолютно сухой почвы.

Изменение коэффициентов теплопереноса (рис. 3) при увлажнении соответствует установленным ранее закономерностям: температуропроводность имеет выраженный экстремум при влажности, близкой к ВРК, что характерно для почв суглинистого гранулометрического состава. Как отмечалось выше, состав исследованных черноземов соответствует переходному состоянию от средних к тяжелым суглинкам. Поэтому приуроченность максимума температуропроводности к ВРК определяется характером и степенью обводненности почвенных пор.

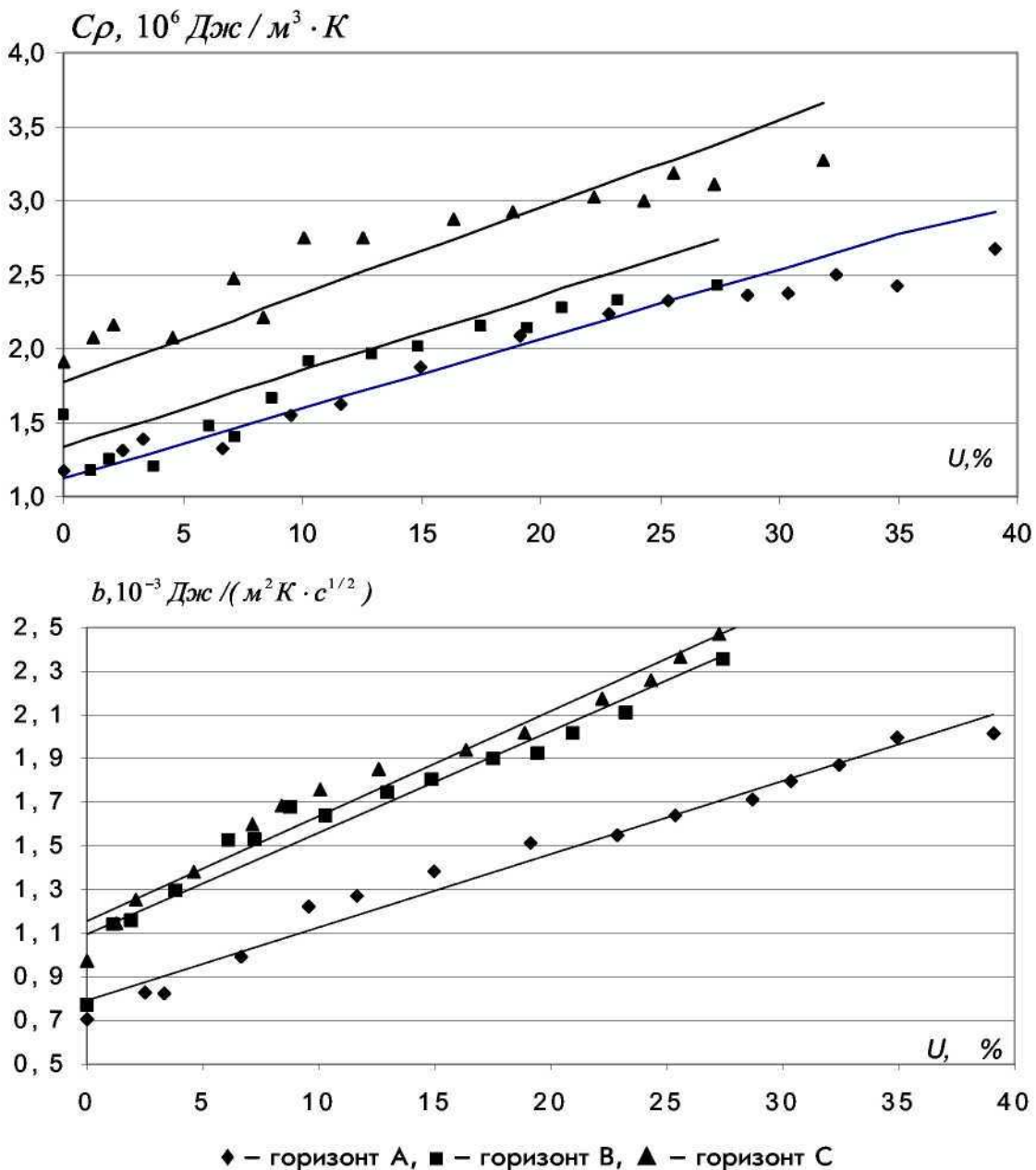


Рис. 2. Коэффициенты теплоаккумуляции генетических горизонтов чернозема в зависимости от влажности

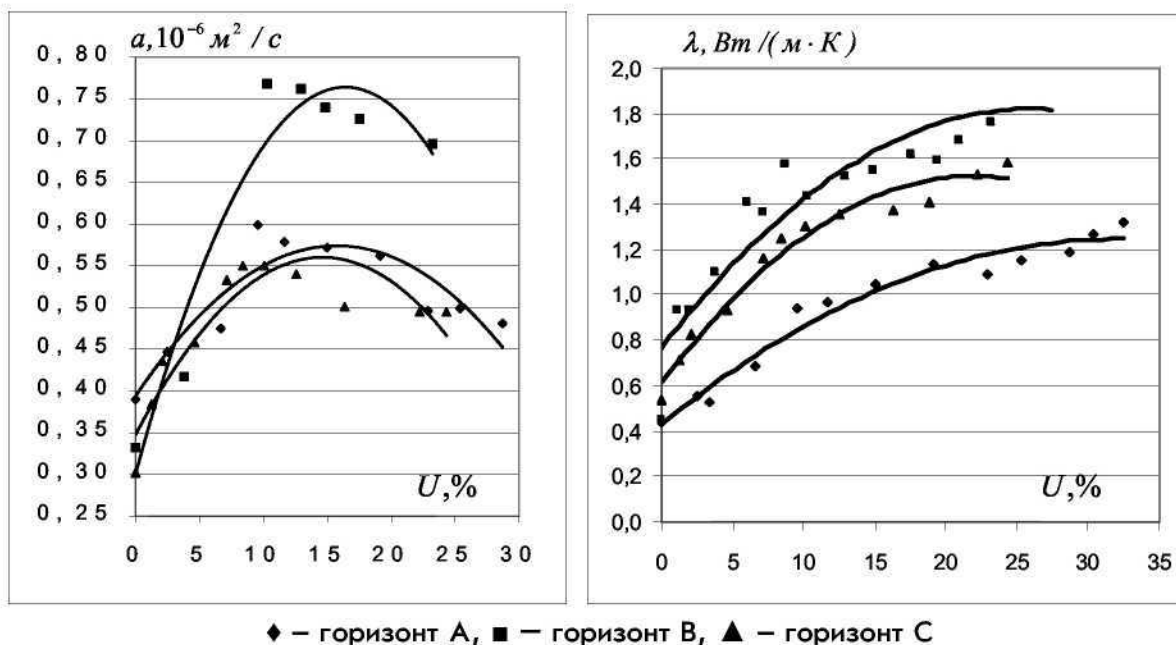


Рис. 3 Коэффициенты теплопередачи генетических горизонтов чернозема в зависимости от влажности

При этом величина изменений температуропроводности соответствует для гумусового горизонта 54%, а для почвообразующей породы — 60%. Следует отметить динамичность этой величины в горизонте В, в котором практически нет органики, а микроагрегатный состав представлен в основном наиболее температуропроводными частицами диаметром 0,25-0,05 мм.

Теплопроводность лессовых черноземов при увлажнении также закономерно увеличивается (рис. 3), но характер зависимости ее во всех горизонтах почвенного профиля одинаков: до определенной стадии увлажнения почва быстро увеличивает свою теплопроводность почти линейно. При дальнейшем повышении влагосодержания рост теплопроводности замедляется, стремясь к «насыщению». Относительные изменения теплопроводности в пахотном горизонте составляют 183%, в иллювиальном — 309% и в почвообразующей породе — 190%.

Все данные показывают, что при влажностях, соответствующих той или иной гидрологической константе, качественный характер изменения теплофизических коэффициентов по профилю чернозема остается почти неизменным, хотя степень изменения их при этом разная. То же можно сказать и о динамике коэффициентов теплоаккумуляции и теплопереноса в каждом генетическом горизонте в связи с меняющейся влажностью.

При одинаковых гидроконстантах объемная теплоемкость и теплопроводность имеют наименьшие значения в пахотном слое, а

с глубиной они закономерно увеличиваются. Например, при влажности завядания теплоемкость возрастает при переходе от горизонта А к С на 50%, а при наименьшей влагоемкости только — на 9%. Теплопроводность при этом меняется, соответственно, на 44 и 24%. Таким образом, можно сделать вывод, что с повышением влажности значения теплофизических коэффициентов в профиле чернозема имеют тенденцию выравнивания.

Качественный характер изменения температуропроводности почвы в зависимости от влажности во всех горизонтах также одинаков. Общим является то, что коэффициент температуропроводности того или иного горизонта почвы довольно интенсивно растет с увеличением обводнения и достигает максимального значения при влажности, соответствующей точке перегиба кривой коэффициента теплопроводности данного горизонта.

Из рисунка 3 следует, что максимумы температуропроводности почвы при переходе от пахотного горизонта к почвообразующей породе сдвигаются в сторону меньших влажностей. При этом максимумы с глубиной становятся более выраженными, т.е. подъем и спад температуропроводности почвы с ростом влажности происходит резче и в более узком диапазоне.

Таким образом, затухающий эффект тепло- и температуропроводности с ростом увлажнения в разных горизонтах чернозема проявляется при различной влажности: в горизонте А при 18,5% от веса почвы, в ил-

лювиальном — при 16,2%, а в почвообразующей породе - уже при 14,5.

Важно подчеркнуть, что указанные пределы влажности в горизонтах суглинистого гранулометрического состава (А,В,С) соответствуют определенной стадии почвенного увлажнения, равного или близкого ВРК, составляющей 70% от НВ.

Приуроченность значений максимальной температуропроводности и резкого замедления роста теплопроводности почвы к различным, в зависимости от ее гранулометрического состава, гидрологическим константам во многом определяется качественным составом почвенной порозности, а вместе с тем — характером и степенью обводненности порового пространства. В этом отношении почвы, а в равной мере и их отдельные генетические горизонты, имеющие суглинистый и супесчаный механический состав, существенно различаются [2].

Так, в составе порового пространства пахотного слоя среднесуглинистых черноземов Приобья преобладают мелкие поры диаметром менее 3 мкм, на долю которых приходится в среднем 51% от общей порозности, а на долю средних (60-3 мкм) и крупных (более 60 мкм) пор приходится, соответственно, 29 и 20% объема общей порозности [3]. При таком характере распределения почвенных пор по размерам в почве хорошо выражена такая гидрологическая константа, как ВРК, составляющая 70% от НВ. В среднесуглинистом пахотном слое, увлажненном до ВРК, обводнено 44% общей порозности, и вся влага удерживается только в системе мелких пор, что обуславливает пленочно-связное состояние почвенной влаги и ее активное участие в контактной передаче тепловой энергии в почве. В то же время 56% общей порозности, или 30% объема почвы, представленного системой крупных и средних пор, не обводнено при ВРК, что обеспечивает также благоприятные условия и для термодиффузионного передвижения молекул паробразной влаги.

Нами установлено что при влажности, близкой или равной ВРК, в среднесуглинистой почве создаются наилучшие условия для совместного проявления контактного и диффузионного механизмов теплопередачи в почве, т.е. передачи тепловой энергии через ее твердую, жидкую и воздушную фазы. Очевидно, в суглинистых почвах степень увлажнения, равная 70-75% от НВ, характеризует собой не только состояние разрыва капиллярной связи в почве, но и, что не менее важно, состояние восстановления диффузионной связи в ее поровом пространстве.

При увлажнении, соответствующем НВ, в этих почвах обводнена почти вся система мелких и средних пор, или 61% общей порозности почвы, а свободные от воды поры (21% от объема почвы) оказываются разобщенными и замкнутыми внутри системы обводненных пор. Уменьшение объема и нарушение связности воздухоносных пор в почве, а кроме того, ослабление контактов между твердыми почвенными частицами вследствие явлений набухания, приводят к уменьшению паропроницаемости и температуропроводности среднесуглинистой почвы и резко замедляют рост ее теплопроводности при увлажнении от ВРК до НВ и выше.

Итак, выявленные особенности изменения тепло- и температуропроводности в генетических горизонтах чернозема в значительной степени связаны с различиями в их гранулометрическом составе, обусловившем неодинаковые физические и водные свойства горизонтов и разное соотношение воды и воздуха в почвенных порах, различные механизм и энергию связи почвенных частиц с водой и воздухом и, следовательно, неодинаковую теплопередачу при одной и той же степени увлажнения.

Таким образом, установленная на примере выщелоченного чернозема Приобья приуроченность наиболее выраженных изменений теплофизических свойств почвы к определенным константам влаго- и воздухоудержания в почве является, на наш взгляд, новым моментом в развитии представлений о влиянии влажности на тепловые свойства почвы. Особенно важен практический аспект выявленных взаимосвязей, так как они позволяют оценить и прогнозировать характер и степень изменения тепловых свойств по профилю почвы при разных режимах увлажнения, что необходимо для комплексного обоснования и эффективного решения актуальных вопросов влаготепло-мелиорации почв юга Западной Сибири.

#### Библиографический список

1. Макарычев С.В. Теплофизика почв: методы и свойства / С.В. Макарычев, М.А. Мазиров. Суздаль, 1996. Т. 1. 231 с.
2. Макарычев С.В. Теплофизические свойства и режимы в антропогенно-нарушенных почвах / С.В. Макарычев, М.А. Мазиров. М., 2003. 153 с.
3. Панфилов В.П. Особенности поведения влаги в супесчаных и суглинистых аморфных почвах в связи с их порозностью / В.П. Панфилов, Н.И. Чашина // Изв. СО АН СССР. Биология. 1975. Вып. 1. С. 3-7.

