

УДК 631.436

ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТЬ ТОРФО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ С РАЗНЫМ СООТНОШЕНИЕМ ТОРФА И ПЕСКА

© 2023 г. Т. А. Архангельская^а, *, Е. В. Телятникова^а^аМГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119991 Россия

*e-mail: arhangelskaia@gmail.com

Поступила в редакцию 06.10.2022 г.

После доработки 28.11.2022 г.

Принята к публикации 30.11.2022 г.

Исследована температуропроводность просеянного карьерного песка с преобладанием фракции 0.05–0.25 мм, низинного пакетированного торфа, а также их смесей. Песок смешивали с торфом в различных долевых соотношениях; содержание торфа в смесях составляло от 1 до 80% по сухой массе. Песком, торфом и их смесями набивали металлические цилиндры высотой 10 см и диаметром 3.8 см. Измерения температуропроводности проводили в лаборатории, используя метод регулярного режима с рабочим интервалом температур 20–26°C. Измеряли скорость нагревания набивных образцов после помещения в жидкостный термостат с постоянной температурой воды. Для каждого образца проводили серию измерений при пошаговом изменении влажности от максимальной после капиллярного насыщения до минимальной при воздушно-сухом состоянии. Зависимость температуропроводности от влажности для торфа оказалась почти линейной, для песка это была кривая с максимумом. Наиболее низкая температуропроводность получена для торфа и смесей с низким содержанием песка; наиболее высокая – для чистого песка. При изменении влажности в исследованном диапазоне температуропроводность разных образцов менялась в 1.3–2.8 раза. Выявлен нелинейный характер зависимости температуропроводности от содержания торфа в образцах. Небольшие добавки торфа к песку приводили к заметному снижению температуропроводности смеси; небольшие добавки песка к торфу практически не влияли на температуропроводность. Температуропроводность изученных субстратов увеличивалась с увеличением плотности образцов и содержания песка; уменьшалась с увеличением содержания органического вещества.

Ключевые слова: пескование, торфование, почвенные конструкции, метод регулярного режима

DOI: 10.31857/S0032180X22601244, EDN: HOJKQH

ВВЕДЕНИЕ

Внесение песка в пахотный горизонт торфяных почв с целью улучшения их водно-воздушно-теплового режима – известный агрономический прием [5]. При смешанном песковании добавление песка в торф увеличивает температуропроводность получившейся смеси по сравнению с торфяным материалом, благодаря чему температурная волна лучше проникает в глубину почвенного профиля. Это позволяет избежать перегрева верхних слоев почвы и замедлить минерализацию органического вещества.

В песчаные почвы торф добавляют для оптимизации агрохимических показателей и улучшения водно-физических свойств почвы [9]. В результате торфования песчаных почв уменьшается контрастность их температурного режима и снижается опасность промерзания верхнего слоя при ночных заморозках. Торфо-песчаные смеси с преобладанием песка широко используются в го-

родском озеленении, в том числе при строительстве дорожных откосов [13].

Долевые соотношения торфа и песка при песковании торфяных почв, при торфования песчаных почв, а также при создании искусственных торфо-песчаных смесей могут варьировать в широком диапазоне значений. Например, при строительстве дорожных откосов обычно используется торфо-песчаная смесь в объемном соотношении 70–80% торфа и 20–30% песка [13]. Для плотности торфа около 0.2 г/см³ и плотности песка около 1.6 г/см³ это примерно соответствует соотношению по массе торфа и песка 1 : 3, т.е. массовая доля торфа в получившейся смеси составляет около 25%, песка – 75%.

При торфования дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв оптимальный уровень плодородия достигается внесением слоя торфа мощностью 15 см и припашкой песка или рыхлой супеси на 10 см [8]. Для тех же значений плотности торфа и песка, что и в предыдущем примере,

это примерно соответствует соотношению по массе торфа и песка 3 : 17, т.е. массовая доля торфа в перепаханном слое составляет около 15%, песка – 85%. Есть сходные данные о том, что при внесении торфа в песчаную почву нижняя оптимальная граница водопроницаемости (0.4–0.5 м/сут) соответствует 10–13% торфа по массе [6].

После смешанного пескования торфяных почв соотношение торф/песок совсем иное: массовая доля песка в пахотном горизонте составляет около 22% [4], соответственно на торф приходится около 78%.

Таким образом, при решении практических задач долевые соотношения торфа и песка в торфо-песчаных смесях могут быть самыми разными. Во многих научных публикациях рассматриваются свойства смесей лишь при определенном соотношении торф/песок [4, 6, 8, 9, 13]. Есть и работы, в которых приводятся результаты исследования торфо-песчаных смесей во всем спектре долевых соотношений торф/песок, от чистого торфа до чистого песка [14, 17–19]. В этих публикациях была выявлена нелинейность отклика свойств торфо-песчаных смесей на изменение долевого соотношения торф/песок. Оказалось, что кривые водоудерживания, зависимости температуропроводности от влажности и доступности кислорода растениям гораздо сильнее меняются с содержанием торфа в области малых значений этого показателя.

В связи с этим была сформулирована цель работы: получение, сопоставление и анализ зависимостей температуропроводности от влажности для образцов торфо-песчаных смесей при различных долевых соотношениях торфа и песка, в частности, при самых небольших содержаниях торфа.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Изучены зависимости температуропроводности от влажности для низинного обогащенного пакетированного торфа “Селигер-Агро” и просеянного карьерного песка, которые были использованы при создании модельных конструктозмов на территории МГУ им. М.В. Ломоносова в 2012 г. [11], а также их смесей.

Гранулометрический состав песка определяли пипет-методом с предварительной пирофосфатной диспергацией [12]; содержание органического углерода в торфе и песке – методом сухого сжигания в токе кислорода [7, 16].

Смеси песка с торфом готовили в различных пропорциях, с тем чтобы исследовать чувствительность температуропроводности смесей к содержанию торфа. Доли торфа в смесях (по сухой массе) составляли 1, 3, 5, 10, 20, 40, 60 и 80%. При этом варианты смесей с 5, 20, 40, 60 и 80% торфа были такими же, как в работах [17, 18]; дополни-

тельные варианты смесей с содержанием торфа 1, 3 и 10% были добавлены с целью более подробного исследования изменений температуропроводности в области низких содержаний торфа, для которой Вальчак с соавт. [17] получили наиболее резкие изменения ОГХ. Полученными смесями с усилием набивали тонкостенные металлические цилиндры высотой 10 см и диаметром 3.8 см. Для каждого образца определяли его плотность термовесовым методом. Сформированные образцы насыщали водой путем капиллярного подпитывания, и затем постепенно подсушивали до воздушно-сухого состояния, измеряя температуропроводность при различных значениях влажности. После очередного подсушивания образец заворачивали в полиэтилен и оставляли не менее чем на 24 ч, с тем чтобы обеспечить равномерное распределение почвенной влаги в образце. После этого проводили очередное измерение температуропроводности.

Измерения температуропроводности проводили, используя метод регулярного режима [12, 15] с рабочим интервалом температур 20–26°C. Для каждого образца проводили серию измерений при пошаговом изменении влажности от максимальной после капиллярного насыщения до минимальной при воздушно-сухом состоянии. При проведении очередного измерения образец, предварительно выдержанный при комнатной температуре около 20°C, герметично закрывали и помещали в жидкостный циркуляционный термостат с температурой воды 26°C. Скорость прогрева образца измеряли с помощью дифференциальной медно-константановой термопары. Подробное описание методики проведения эксперимента и расчетов температуропроводности по данным о скорости прогрева образца приведено в работе [2].

Измерения зависимостей температуропроводности от влажности для песка и торфа проводили в трех повторностях; для торфо-песчаных смесей – в одной повторности для каждого из восьми вариантов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 и 2 представлены основные физические свойства исследованных образцов, которые влияют на температуропроводность. В песке преобладала фракция 0.05–0.25 мм; содержание физической глины (частиц с диаметром <0.01 мм) составляло 2%, что соответствует песку рыхлому по Н.А. Качинскому [12]. Для рыхлых песков характерна высокая температуропроводность, которая может превышать $1 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [1].

Плотность образцов менялась от 0.31 г/см³ для уплотненного торфа до 1.63 г/см³ для песка; содержание органического углерода в торфе состав-

Таблица 1. Гранулометрический состав песка

Параметр	Размер частиц, мм					
	0.25–1	0.05–0.25	0.01–0.05	0.005–0.01	0.001–0.005	<0.001
Содержание фракций, %	30	64	2	1	1	2

ляло 38.5%, в песке – 0.2%. Таким образом, образцы песка и торфа резко отличались по этим показателям, каждый из которых влияет на теплопроводность почвы. В целом увеличению теплопроводности почвы способствует увеличение ее плотности и уменьшение содержания органического вещества. В нашем случае можно говорить о взаимном усилении действия этих двух факторов, которое привело к ярко выраженным различиям в теплопроводности песка и торфа (рис. 1). Низкая плотность торфа и высокое содержание органического вещества обеспечивали низкую теплопроводность торфяных образцов, и наоборот: высокая плотность в сочетании с низким содержанием органического вещества способствовали формированию высокой теплопроводности песчаных образцов.

Зависимости теплопроводности от влажности для песка и торфа существенно различались не только диапазоном значений, но и формой кривых. Теплопроводность песка достигала 9.6×10^{-7} м²/с, теплопроводность уплотненного при набивке торфа не превышала 1.5×10^{-7} м²/с во всем диапазоне влажности. Образцы песка демонстрировали резкий рост теплопроводности при малых значениях влажности, что характерно для песчаных почв с небольшим содержанием связанной влаги. В таких почвах даже небольшое количество влаги обладает значительной подвижностью и может участвовать в переносе тепла, внося свой вклад в увеличение теплопроводности [1]. Теплопроводность песка достигала максимума при влажности 0.13–0.15 см³/см³ и затем уменьшалась. Уменьшение теплопроводности в области высоких значений влажности обычно объясняют формированием водных пробок, препятствующих переносу тепла с движущейся влагой [1]. Теплопроводность торфа постепенно возрастала с влажностью во всем исследованном диапазоне. При влажности 0.15 см³/см³ теплопроводность песка была в 7.7 раза больше теплопроводности торфа; при влажности 0.20 см³/см³ – в 7 раз.

Полученные для песка и торфа зависимости теплопроводности от влажности практически не различались между тремя повторностями. Поэтому при дальнейшей работе с торфо-песчаными смесями измерения теплопроводности

проводили в одной повторности, что позволило подробно исследовать отклик теплопроводности смесей на изменение содержания торфа (x_p) с достаточно мелким шагом по x_p .

Для смесей с содержанием торфа от 1 до 80% содержание органического углерода ($C_{орг}$) было рассчитано исходя из содержания органического углерода в торфе и песке и долевых соотношений торфа и песка в смеси. Рассчитанные значения $C_{орг}$ возрастали вместе с содержанием торфа в смесях по линейному закону (табл. 2).

Иная закономерность наблюдалась для плотности: зависимость плотности образцов от содержания торфа имела выражено нелинейный характер (рис. 2). В области низких значений x_p плотность торфо-песчаных смесей была высокой и быстро снижалась при увеличении содержания торфа. По сравнению с чистым песком ($x_p = 0\%$) плотность смеси с содержанием торфа 5% была почти в 1.5 раза меньше; плотность смеси с содержанием торфа 20% – почти в 2 раза меньше. В области высоких значений x_p чувствительность плотности смеси к изменению долевых соотношений между компонентами смеси была намного меньше: при содержании песка 20% (соответствует $x_p = 80\%$) плотность смеси была лишь в 1.2 раза больше плотности чистого торфа ($x_p = 100\%$). Таким образом, была выявлена явная асимметрия: добавление 20% песка в торф увеличивало плотность лишь в 1.2 раза, а добавление 20% торфа в песок приводило к уменьшению плотности почти

Таблица 2. Содержание торфа (x_p), плотность набивки (ρ_b) и содержание органического углерода ($C_{орг}$) в образцах песка, торфа и торфо-песчаных смесей

x_p , %	ρ_b , г/см ³	$C_{орг}$, %
0	1.63	0.2
1	1.40	0.6
3	1.34	1.3
5	1.13	2.1
10	0.93	4.0
20	0.87	7.9
40	0.46	15.5
60	0.46	23.2
80	0.37	30.8
100	0.31	38.5

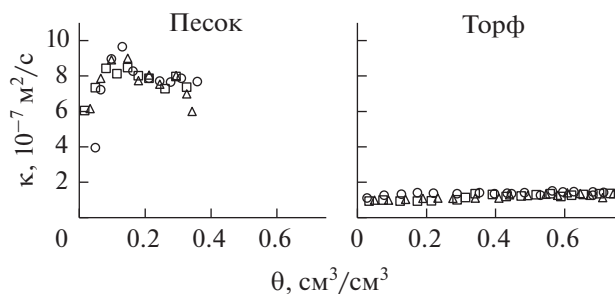


Рис. 1. Зависимости теплопроводности (κ) от влажности (θ) для песка и торфа. Разными символами обозначены три повторности.

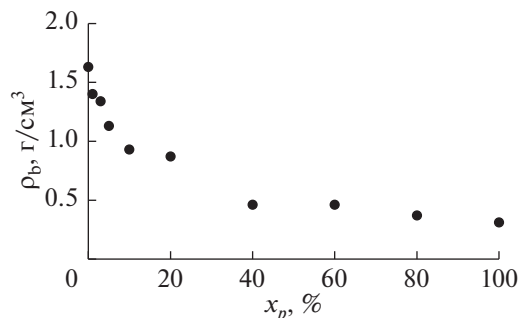


Рис. 2. Нелинейный характер изменения плотности образцов торфо-песчаных смесей (ρ_b) от содержания торфа (x_p).

в 2 раза. В целом основные изменения плотности приходились на диапазон содержания торфа от 0 до 40%.

На этот же диапазон приходились и основные изменения теплопроводности (рис. 1 и 3). При увеличении x_p от 0 до 40% наблюдался постепенный переход от высоких значений теплопроводности, характерных для песка, к низким значениям теплопроводности, характерным для торфа. Для смесей с содержанием торфа 40, 60, 80 и 100% зависимости теплопроводности от влажности практически совпадали.

Эти закономерности подтверждаются данными, приведенными на рис. 4. Теплопроводность и капиллярно-увлажненных образцов, и воздушно-сухих образцов уменьшалась с увеличением содержания торфа примерно по тому же закону, что и плотность. Основные изменения приходились на диапазон содержания торфа 0–40%. Добавление небольшого количества торфа в песок (левая часть рис. 4) сильно снижало теплопроводность смеси. При этом, наоборот, даже существенные добавления песка к торфу практически никак не влияли на теплопроводность, пока содержание торфа не снизится до 60%, что хорошо видно в правой части рис. 4.

Статистическая связь между плотностью и теплопроводностью исследованных смесей подтверждается значениями коэффициента корреляции Пирсона, который был рассчитан отдельно для капиллярно-увлажненных и для воздушно-сухих образцов. Для капиллярно-увлажненных смесей с различным содержанием торфа и песка коэффициент корреляции между плотностью и теплопроводностью оказался равным 0.99; для воздушно-сухих — 0.85. Таким образом, изменение теплопроводности торфо-песчаных смесей при изменении долевого содержания торфа и песка в смеси можно формально объяснить изменением плотности образцов.

Можно предположить, что помимо неравномерных изменений плотности образцов при по-

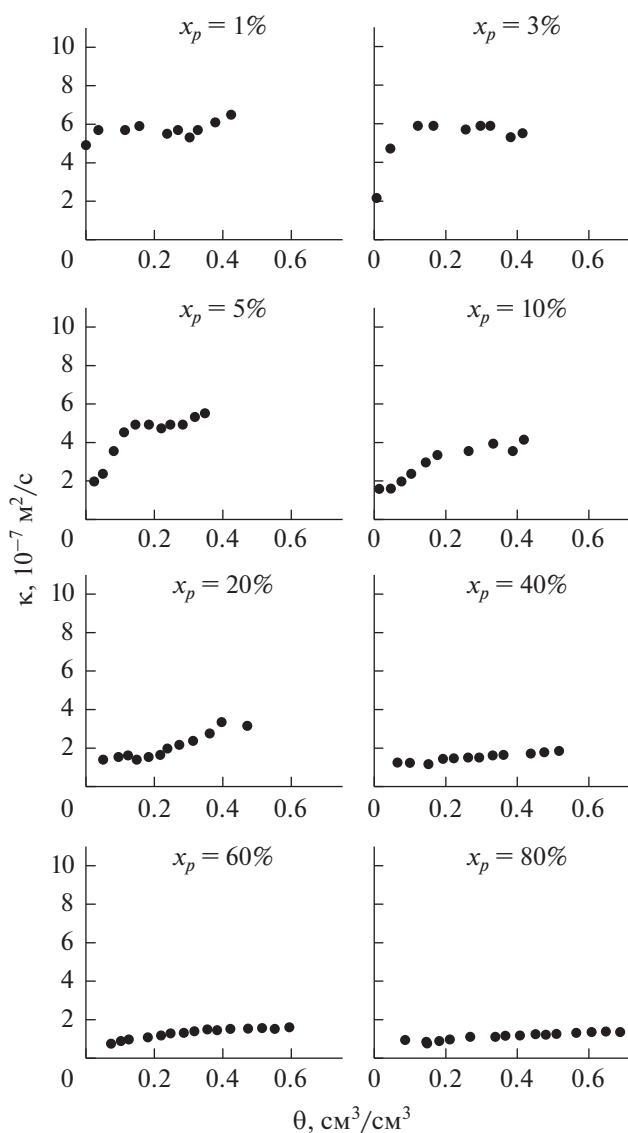


Рис. 3. Зависимости теплопроводности (κ) от влажности (θ) для торфо-песчаных смесей с различным содержанием торфа (x_p).

степенном переходе от песка к торфу есть еще одна причина формирования нелинейной зависимости температуропроводности торфо-песчаных смесей от содержания торфа. На наш взгляд, ключевую роль играет разница в размерах песчаных и торфяных частиц, а также разница в их плотности. Плотность торфяных частиц в 1.5–2 раза меньше, чем плотность зерен песка, поэтому одно и то же по массе количество торфа и песка будет отличаться по объему примерно в 1.5–2 раза. Общий объем добавленного торфа будет больше, чем объем песка той же массы. Кроме того, в использованных торфе и песке торфяные частицы существенно меньше песчаных зерен [10]. Оба эти фактора приводят к тому, что при добавлении 1% торфа в песок получается значительное количество торфяных частиц, распределенных в песчаной толще (рис. 5а). При этом транспортные свойства полученной смеси по отношению к потоку тепла оказываются существенно отличными от свойств песка. В случае добавления 1% песка в торф картина иная: по торфяной толще разбросаны единичные крупные зерна песка (рис. 5б), которые не меняют транспортных свойств основной толщи. Поэтому температуропроводность торфо-песчаных смесей с небольшим содержанием песка практически не отличается от температуропроводности торфа.

Увеличение содержания зерен песка в толще торфа почти не влияет на температуропроводность в широком диапазоне значений x_p , вплоть до $x_p = 40\%$. Вблизи этого значения наблюдается порог, после которого дальнейшее добавление песка и соответствующее уменьшение долевого содержания торфа приводят к заметному возрастанию температуропроводности. Можно предположить, что при увеличении содержания песка до 30–40% в торфяной толще начинают формироваться непрерывные минеральные цепочки, которые могут служить путями быстрого переноса тепла. Добавление большего количества песка приводит к росту сети таких цепочек, и, по-видимому, начиная с 60% весового содержания песка ($x_p = 40\%$) формируется субстрат, температуропроводность которого быстро растет по мере уменьшения количества и толщины торфяных теплоизолирующих прослоек между минеральными зернами.

Сходный эффект малого влияния небольших добавок песка в торфяной материал на свойства полученной смеси отмечался в работах [17, 18]. Исследования кривой водоудерживания и доступности кислорода корням растений продемонстрировали, что оба эти показателя зависят от долевого содержания торфа и песка нелинейным образом. Как и в наших экспериментах, порог наблюдался при весовом соотношении песка к торфу около 6 : 40. При содержании торфа менее 40%

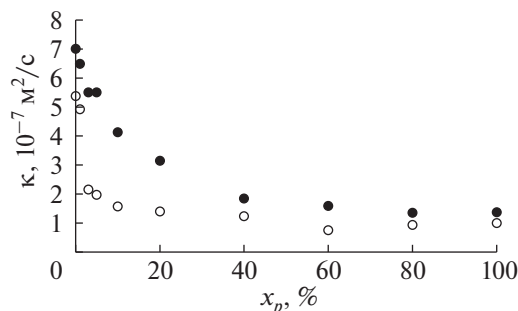


Рис. 4. Температуропроводность (κ) капиллярно-увлажненных (черные символы) и воздушно-сухих (белые символы) образцов при различном содержании торфа (x_p) в торфо-песчаных смесях.

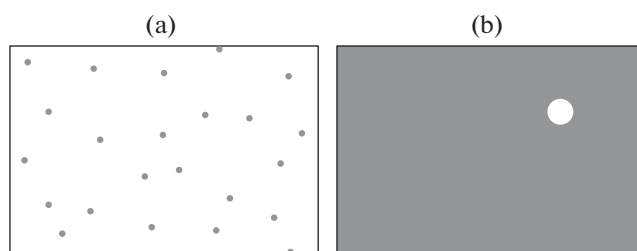


Рис. 5. Схема расположения торфяных частиц в песке (а) и песчаных зерен в торфе (б) при весовом содержании добавки 1%.

кривые водоудерживания и доступность кислорода корням растений существенно менялись в зависимости от долей торфа и песка в смеси. Наоборот, в диапазоне содержаний торфа 40–100% изменения были минимальны. Возможно, эти эффекты тоже имеют отношение к наличию либо отсутствию сети сплошных песчаных цепочек в торфяном материале и соответствующим изменениям структуры порового пространства.

Насколько значимы полученные расхождения в температуропроводности торфо-песчаных смесей для температурного режима почв или почвенных конструкций? Можно предположить, что расхождения в температурном режиме конструкций с разным долевым содержанием торфа и песка могут быть весьма существенными. Для того, чтобы получить количественную оценку таких потенциальных расхождений, можно использовать первый закон Фурье для температурных волн в почвах. Этот закон утверждает, что глубина затухания суточной температурной волны в почве пропорциональна квадратному корню из температуропроводности приповерхностного горизонта [12]. Это значит, что при одинаковой суточной амплитуде колебаний температуры на поверхности торфо-песчаного горизонта глубина, на которой эта амплитуда уменьшится в 2.71 раза, будет разной для смесей с разным долевым содержанием

торфа и песка и, соответственно, разной теплопроводностью. Например, при влажности $0.18 \text{ см}^3/\text{см}^3$ теплопроводность смесей с долевым содержанием торфа 5, 10 и 20% составляет 4.92, 3.34 и $1.53 \times 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$. С помощью первого закона Фурье легко подсчитать, что глубины затухания температурной волны в таких смесях соотносятся примерно как 22 : 18 : 12. Так же будут соотноситься глубины проникновения нулевой изотермы при заморозках.

Влияние расхождений в теплопроводности почвенных горизонтов на температурный режим пахотных почв подробно обсуждается в работе [3]. Полевые исследования латерального распределения температуры в комплексном почвенном покрове показали, что даже небольшие расхождения в теплопроводности подпахотных горизонтов сопряженных почв приводят к существенным различиям в температурном режиме разных участков почвенного комплекса, в том числе в глубине зимнего промерзания. Это значит, что при внесении разных доз торфа в песчаные почвы можно получать различные температурные режимы даже на соседних участках с одинаковыми условиями на поверхности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теплопроводность песка в несколько раз выше теплопроводности торфа. При смешивании в различных долевыми соотношениями столь различных по своим свойствам субстратов возникают нелинейные эффекты: чувствительность теплопроводности песка к добавлению торфа выше, чем чувствительность торфа к добавлению песка. Небольшое количество песка, добавленное в торфяной субстрат, практически не увеличивает его способность прогреваться. При этом то же количество по весу торфа, будучи добавленным в песок, существенно снижает теплопроводность исходного субстрата.

Для получения значимого увеличения теплопроводности торфяного субстрата необходимо внести в него не менее 60% песка. Поэтому при смешанном песковании торфяных почв следует иметь в виду, что для изменения их температурного режима количество песка в смешанном слое должно быть более 60% по весу; при долевого содержания песка ниже 60% способность почв прогреваться остается неизменной и от содержания песка в смеси практически не зависит. Наоборот, внесение даже небольших добавок торфа в песок может приводить к существенному снижению теплопроводности смеси. Поэтому при внесении торфа в песчаную почву следует учитывать возможные изменения температурного режима, которые будут различными при разном количестве внесенного торфа.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05252.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архангельская Т.А.* Параметры зависимости теплопроводности минеральных почв от влажности для различных текстурных классов // Почвоведение. 2020. № 1. С. 44–55. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20010037>
2. *Архангельская Т.А.* Теплопроводность серых лесных почв Владимирского ополья // Почвоведение. 2004. № 3. С. 332–342.
3. *Архангельская Т.А., Губер А.К., Мазиров М.А., Прохоров М.В.* Температурный режим комплексного почвенного покрова Владимирского ополья // Почвоведение. 2005. № 7. С. 832–843.
4. *Зайдельман Ф.Р., Батраков А.С., Шваров А.П.* Изменение физических свойств осушенных торфяных почв после внесения песка разными способами // Почвоведение. 2005. № 2. С. 218–231.
5. *Зайдельман Ф.Р., Шваров А.П., Банников М.В., Павлова Е.Б.* Влияние разных способов внесения песка в осушенные торфяные почвы на их гидротермический режим // Почвоведение. 1995. № 8. С. 969–976.
6. *Казакевич П.П.* Мелиоративная вспашка торфяников и обоснование основных параметров двухъярусного плуга // Proc. of the National Acad. of Sci. of Belarus, agrarian series. 2019. V. 57(4). P. 470–480.
7. *Козут Б.М., Большаков В.А., Фрид А.С., Краснова Н.М., Бродский Е.С., Кулешов В.И.* Аналитическое обеспечение мониторинга гумусового состояния почв. М.: Изд-во РАСХН, 1993. 73 с.
8. *Куликов Я.К., Гаевский Е.Е.* Торфование и землевание почв как научное направление в биоорганическом земледелии // Экологическая культура и охрана окружающей среды. Мат-лы междунар. науч.-пр. конф. Витебск, 2013. С. 270–273.
9. *Сологуб Н.С.* Торфование легких почв как способ защиты их от деградации // Актуальные проблемы экологии. Мат-лы VII междунар. науч.-пр. конф. Гродно, 2012. С. 162.
10. *Сусленкова М.М.* Структурно-функциональная организация модельных конструкторов разного строения в условиях г. Москвы. Дис. канд. ... биол. наук. М., 2019. 147 с.
11. *Сусленкова М.М., Умарова А.Б., Бутылкина М.А.* Микроструктура почв разного генезиса и ее трансформация в составе конструкторов в условиях г. Москвы // Почвоведение. 2018. № 10. С. 1265–1273. <https://doi.org/10.1134/S0032180X1810012X>

12. Теории и методы физики почв / Под ред. Шеина Е.В., Карпачевского Л.О. М.: Гриф и К, 2007. 616 с.
13. Якобюк Л.И., Еремина Д.В., Еремин М.Д. Создание искусственного почвогрунта с использованием оптимизационной модели плодородия черноземных почв // АПК России. 2017. Т. 24. № 2. С. 360–365.
14. Arkhangelskaya T.A., Gvozdikova A.A. Thermal diffusivity of peat-sand mixtures at different water contents // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2019. V. 368. P. 012005.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/368/1/012005>
15. Parikh R.J., Havens J.A., Scott H.D. Thermal diffusivity and conductivity of moist porous media // Soil Sci. Soc. Am. J. 1979. V. 43. P. 1050–1052.
16. Schumacher B.A. Methods for the determination of total organic carbon (toc) in soils and sediments. Las Vegas: Ecological Risk Assessment Support Center, 2002. 26 p.
17. Walczak R., Rovdan E., Witkowska-Walczak B. Water retention characteristics of peat and sand mixtures // Int. Agrophys. 2002. V. 16. P. 161–165.
18. Witkowska-Walczak B., Bieganski A., Rovdan E. Water-air properties in peat, sand and their mixtures // Int. Agrophys. 2002. V. 16. P. 313–318.
19. Zhao Y., Si B. Thermal properties of sandy and peat soils under unfrozen and frozen conditions // Soil Till. Res. 2019. V. 189. P. 64–72.

Thermal Diffusivity of Peat-Sand Mixtures with Different Peat and Sand Contents

T. A. Arkhangelskaya^{1, *} and E. V. Telyatnikova¹

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991 Russia

*e-mail: arhangelskaia@gmail.com

The thermal diffusivity of screened quarry sand with a predominance of a fraction of 0.05–0.25 mm, lowland packed peat, and their mixtures was studied. Sand was mixed with peat in various proportions; the content of peat in mixtures ranged from 1 to 80% by dry weight. Metal cylinders 10 cm high and 3.8 cm in diameter were filled with sand, peat, and peat-sand mixtures. The thermal diffusivity was measured in the laboratory using the unsteady-state method with a working temperature range of 20–26°C. The heating rate of the packed samples was measured after the samples were placed in a liquid thermostat with a constant water temperature. For each sample, a series of measurements was carried out with a step-by-step change in water content from the maximum one after capillary saturation of the sample to the minimum one, corresponding to the air-dry state. The thermal diffusivity vs. water content dependence was almost linear for peat, and for sand it was a curve with a maximum. The lowest thermal diffusivity was obtained for peat and mixtures with low sand contents; the highest one – for pure sand. Within the studied range of water contents, the thermal diffusivity of different samples changed by a factor of 1.3–2.8. The non-linear character of the thermal diffusivity vs. peat content dependence was discovered. Small additions of peat to sand resulted in a noticeable decrease in the thermal diffusivity of the mixture; small additions of sand to peat had practically no effect on thermal diffusivity. The thermal diffusivity of the studied substrates increased with increasing sample bulk density and sand content; decreased with increasing organic matter content.

Keywords: sanding, peating, soil constructions, the unsteady-state method