УДК 551.343.74

**О зависимости процесса промерзания грунтов от влажности**

**В. И. Штыков1, А. Б. Пономарев1, Ю. Г. Янко2**

1 Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация,

190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

2 Агрофизический научно-исследовательский институт, Российская Федерация,

195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., 14

(адрес и название организации, в которой работают авторы, взять информацию с официального сайта; если в одном вузе, то не надо дублировать и нумеровать)

**Для цитирования:** *Штыков В. И., Пономарев А. Б., Янко Ю. Г.* О зависимости процесса промерзания грунтов от влажности // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 1. С. 22–31. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-01-22-31

**Аннотация (200–250 слов, не менее 1500 знаков)**

**Цель:** температуры начала замерзания грунтов при наступлении заморозков интересуют строителей. Ранее было установлено, что на промерзание грунтов влияют многие факторы, однако недостаточно проводилось исследований по влиянию на процесс промерзания отдельных факторов. В статье рассматривается влияние влажности грунтов на температуры их переохлаждения и замерзания. **Методы:** исследования проводились в микрохолодильнике при трех режимах промораживания. **Результаты:** было установлено, что при постоянном встряхивании температура переохлаждения повышалась, а температура замерзания не изменялась. Получены графические зависимости температур переохлаждения и замерзания грунтов от исходной влажности. Степень уплотнения грунтов не оказывала влияния на эти температуры. Температуры переохлаждения и замерзания грунтов зависят в большей степени от дисперсности грунтов, чем от содержания в них органических веществ. **Практическая значимость:** результаты работы имеют значение для строительства, так как расширяют представления об особенностях механизма замерзания грунтов.

**Ключевые слова: (не менее 5 слов или словосочетаний)** переохлаждение грунта, грунт, замерзание грунта, режимы охлаждения, почвенная вода, температура переохлаждения, влажность.

Текст статьи.

**Библиографический список**

1. Андрианов П. И. Температуры замерзания грунтов / Труды Дальневосточной комплексной экспедиции. СОПС АН СССР. Комиссия по изучению вечной мерзлоты. Вып. 1. М.: АН СССР, 1936. С. 17–54.

2. Ананян А. А. Молекулярно-кинетические представления о строении жидкой фазы воды, содержащейся в тонкодисперсных горных породах / Мерзлотные исследования: сб. ст. / геол. фак., кафедра мерзлотоведения. Вып. 7. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1967. С. 22–36.

3. Гречищев С. Е., Павлов А. В., Шешин Ю. Б. и др. Экспериментальные закономерности формирования переохлаждения поровой влаги при объемном замерзании дисперсных грунтов // Криосфера Земли. 2004. Т. 8, № 4. С. 41–44.

4. Гречищев С. Е, Павлов А. В., Гречищева О. В. Закономерности предкристаллизационного переохлаждения поровой влаги дисперсных грунтов в градиентном поле температур // Криосфера Земли. 2006. Т. 10, № 4. С. 56–58. EDN HVUXQH.

5. Barra, Giuseppina & Matteo, P. & Vittoria, V. & Sesti Osseo, Libero & Cesàro, Attilio. A DSC Study of Thermal Transitions of Apple Systems at Several Water Contents. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2012. 61. 351–362. 10.1023/A:1010148913394.

6. Liesebach, Jens & Lim, Miang & Rades, Thomas. Determination of unfrozen matrix concentrations at low temperatures using stepwise DSC. Thermochimica Acta — THERMOCHIM ACTA. 2004. 411. 43–51. 10.1016/j.tca.2003.07.005.

7. Старостин Е. Г., Петров Е. Е., Николаев С. В. Влияние темпа охлаждения на переохлаждение поровой воды в грунтах // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. 2012. Т. 9, № 4. С. 47–51. EDN RDFXBP.

8. Белкова Е. А., Мотенко Р. Г., Гречищева Э. С. Влияние температурного режима на температуру начала замерзания грунтов разного гранулометрического состава при ее экспериментальном определении // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации: материалы XVI Общероссийской научно-практической конференции изыскательских организаций, Москва, 1–3 декабря 2021 года./ ООО «Геомаркетинг»; ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве»; ассоциация «Инженерные изыскания в строительстве» — Общероссийское отраслевое объединение работодателей Союз изыскателей. М.: Геомаркетинг, 2021. С. 378–85. EDN AOJJCL.

9. Старостин Е. Г. Определение количества незамерзшей воды по кинетике кристаллизации. // Криосфера Земли. 2008. Т. 12, № 2. С. 60–64. EDN JTGMWB.

Дата поступления: 11.11.2023

Решение о публикации: 23.12.2023

**Контактная информация:**

ШТЫКОВ Валерий Иванович — докт. техн. наук, профессор; shtykov41@mail.ru

ПОНОМАРЕВ Андрей Борисович — канд. техн. наук, доцент; pol1nom@yandex.ru

ЯНКО Юрий Григорьевич — канд. техн. наук; yanko@agrophys.ru

**On the dependence of soil freezing on humidity**

V. I. Shtykov1, A. B. Ponomarev1, Yu. G. Yanko2

1 Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation.

2 Agrophysical Research Institute, 14, Grazhdansky pr., Saint Petersburg, 195220, Russian Federation.

**For citation**: *Shtykov V. I., Ponomarev A. B., Yanko Yu. G.* On the dependence of soil freezing on humidity // Proceedings of Petersburg Transport University. 2024. Vol. 21, iss. 1. Р. 22–31. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-01-22-31. (In Russian)

**Abstract**

**Purpose:** the temperatures at which soils begin to freeze during the onset of frost are of interest primarily to agricultural workers and construction workers. It was previously established that many factors influence soil freezing. However, not enough research has been carried out on the influence of individual factors on the freezing process. The article examines the influence of soil moisture on their supercooling and freezing temperatures. **Methods:** the studies were carried out in a microrefrigerator with three freezing modes. **Results:** it was found that with constant shaking, the supercooling temperature increased, but the freezing temperature did not change. Graphic dependences of the temperatures of supercooling and freezing of soils on the initial humidity were obtained. The degree of soil compaction did not affect these temperatures. The temperatures of supercooling and freezing of soils depend to a greater extent on the dispersion of soils than on the content of organic substances in them. **Practical significance:** the results of the work are important for construction as they expand the understanding of the features of the mechanism of soil freezing.

**Keywords:** soil supercooling, soil, soil freezing, cooling regimes, soil water, supercooling temperature, humidity.

**References**

1. Andrianov P. I. Temperatury zamerzanija gruntov / Trudy Dal’nevostochnoj kompleksnoj jekspedicii. SOPS AN SSSR. Komissija po izucheniju vechnoj merzloty. Vyp. 1. M.: AN SSSR, 1936. S. 17–54. (In Russian)

2. Ananjan A. A. Molekuljarno-kineticheskie predstavlenija o stroenii zhidkoj fazy vody, soderzhashhejsja v tonkodispersnyh gornyh porodah / Merzlotnye issledovanija: sb. st. / geol. fak., kafedra merzlotovedenija. Vyp. 7. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1967. S. 22–36. (In Russian)

3. Grechishhev S. E., Pavlov A. V., Sheshin Ju. B. i. dr. Jeksperimental’nye zakonomernosti formirovanija pereohlazhdenija porovoj vlagi pri ob#emnom zamerzanii dispersnyh gruntov // Kriosfera Zemli. 2004. T. 8, № 4. S. 41–44. (In Russian)

4. Grechishhev S. E, Pavlov A. V., Grechishheva O. V. Zakonomernosti predkristallizacionnogo pereohlazhdenija porovoj vlagi dispersnyh gruntov v gradientnom pole temperatur // Kriosfera Zemli. 2006. T. 10, № 4. S. 56–58. EDN HVUXQH. (In Russian)

5. Barra, Giuseppina & Matteo, P. & Vittoria, V. & Sesti Osseo, Libero & Cesàro, Attilio. A DSC Study of Thermal Transitions of Apple Systems at Several Water Contents. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2012. 61. 351–362. 10.1023/A:1010148913394.

6. Liesebach, Jens & Lim, Miang & Rades, Thomas. Determination of unfrozen matrix concentrations at low temperatures using stepwise DSC. Thermochimica Acta — HERMOCHIM ACTA. 2004. 411. 43–51. 10.1016/j.tca.2003.07.005.

7. Starostin E. G., Petrov E. E., Nikolaev S. V. Vlijanie tempa ohlazhdenija na pereohlazhdenie porovoj vody v gruntah // Vestnik Severo-Vostochnogo federal’nogo universiteta im. M. K. Ammosova. 2012. T. 9, № 4. S. 47–51. EDN RDFXBP. (In Russian)

8. Belkova E. A., Motenko R. G., Grechishheva Je. S. Vlijanie temperaturnogo rezhima na temperature nachala zamerzanija gruntov raznogo granulometricheskogo sostava pri ee jeksperimental’nom opredelenii // Perspektivy razvitija inzhenernyh izyskanij v stroitel’stvev Rossijskoj Federacii: materialy XVI Obshherossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii izyskatel’skih organizacij, Moskva, 1–3 dekabrja 2021 goda / OOO “Geomarketing”; OOO “Institut geotehniki i inzhenernyh izyskanij v stroitel’stve”; associacija “Inzhenernye izyskanija v stroitel’stve” — Obshherossijskoe otraslevoe ob#edinenie rabotodatelej Sojuz izyskatelej. M.: Geomarketing, 2021. S. 378–385. EDN AOJJCL. (In Russian)

9. Starostin E. G. Opredelenie kolichestva nezamerzshej vody po kinetike kristallizacii // Kriosfera Zemli. 2008. T. 12, № 2. S. 60–64. EDN JTGMWB. (In Russian)

Received: 11.11.2023

Accepted: 23.12.2023

**Author’s information:**

Valery I. Shtykov — PhD in Engineering, Professor; shtykov41@mail.ru

Andrei B. Ponomarev — PhD in Engineering, Associate Professor; pol1nom@yandex.ru

Yuri G. Yanko — PhD in Engineering; yanko@agrophys.ru

**Тех. Требования к изображениям:**

Требования к фотографиям и растровым изображениям:

— разрешение: 300 dpi

— размер файла от 1Mb

— формат JPG, TIFF

— файлы, присланные в pdf, не принимаются

— не должно быть никаких артефактов, ссылок на сайты, копирайтов авторов, логотипов фотобанков, фотографов, следов ретуши и всего того, что не относится к фотографии.

**— все иллюстрации необходимо высылать отдельными файлами.**

Если в верстке использованы фотографии из фотобанка, они должны быть выкуплены. Если фотографии из других источников (интернет, съёмка и т. д.), должны быть решены все авторские права и юридические вопросы. Ответственность за нарушение закона об авторских правах лежит на предоставившем их к публикации. Если фото сделано автором, это нужно указать.