

ЕЛЕНА ИГОРЕВНА РАТЬКОВА

кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры, строительных конструкций и геотехники Института лесных, инженерных и строительных наук, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*ratjikova@mail.ru*

ВАСИЛИЙ КУЗЬМИЧ КАТАРОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного транспорта Института лесных, инженерных и строительных наук, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*vkatarov@psu.karelia.ru*

НАТАЛЬЯ ВЛАДИМИРОВНА КОВАЛЕВА

преподаватель кафедры промышленного транспорта Института лесных, инженерных и строительных наук, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*natalya.kowalyowa2010@yandex.ru*

## УПЛОТНЕНИЕ ОСНОВАНИЙ ЛЕСНЫХ ДОРОГ НА ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ В МЕЖСЕЗОННЫЕ ПЕРИОДЫ\*

Рассмотрено влияние цикла «замораживание – оттаивание» в межсезонные периоды на модуль деформации и коэффициент пористости лесных глинистых почвогрунтов, используемых при возведении оснований лесных дорог. В лабораторных условиях подтверждено, что цикл «замораживание – оттаивание» является причиной уменьшения модуля деформации. Практическое значение полученных результатов определяется возможностью их использования для создания моделей, описывающих процессы уплотнения оснований лесных дорог.

Ключевые слова: почвогрунты, модуль деформации, межсезонные периоды, глины

### ВВЕДЕНИЕ

Лесные дороги обеспечивают круглогодичную вывозку лесоматериалов и доставку их потребителям. Они должны обладать высокими технико-экономическими качествами для выполнения требований ритмичности, экономичности и экологичности вывозки. Лесовозные автомобильные дороги являются капиталоемкими сооружениями. В связи с этим возникает задача нахождения оптимального метода строительства, который позволил бы снизить финансовые расходы и трудозатраты, а также повысить прочность и долговечность конструкции дорог [4], [5].

Одним из таких методов является технология возведения лесных дорог путем перемещения грунта из придорожных канав и резервов. Основным строительным материалом в этом случае является местный почвогрунт, перемещаемый экскаватором в тело земляного полотна из боковых канав, выполняющих роль притрассовых резервов.

При строительстве лесной дороги по указанной выше технологии возникает необходимость оценки плотности получаемого дорожного основания.

На значительной территории Северо-Западного федерального округа залегают глинистые почвогрунты. Поскольку строительство дорог ведется практически круглогодично, за исключени-

ем зимнего периода, то возникает необходимость оценки уплотнения грунта в периоды перепадов температур от положительных до отрицательных и наоборот.

В статьях [2] и [3] было показано, что многократные циклы «замораживание – оттаивание» почвогрунтов влияют на их физико-механические характеристики, в частности плотность, коэффициент сжимаемости и модуль деформации. В указанных работах приведены результаты испытаний суглинка в текучепластичном состоянии. Однако исследования глин не проводились.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования были отобраны текучепластичные глины, залегающие на лесной территории опытного участка учебно-научно-исследовательского комплекса «Лесная дорога» инновационно-технологического кампуса ПетрГУ [1].

Образцы почвогрунтов для испытаний были изготовлены с учетом требований ГОСТ 30416-2012 «Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения», а их отбор, упаковка, транспортирование, хранение и подготовка в соответствии с требованиями ГОСТ 12071-2000 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов».

Испытания проводились в лаборатории испытаний конструкций и сооружений Института лесных, инженерных и строительных наук ПетрГУ.

Для испытания почвогрунта было подготовлено 15 монолитов, которые были разбиты случайным образом на 5 групп:

- три монолита использовались для определения физических характеристик почвогрунта: плотности, влажности, коэффициента пористости, плотности скелета грунта, пористости;
- три монолита испытывались без замораживания;
- три монолита испытывались после одного цикла «замораживание – оттаивание»;
- три монолита испытывались после двух циклов «замораживание – оттаивание»;
- три монолита испытывались после трех циклов «замораживание – оттаивание».

Замораживание образцов осуществлялось в морозильной камере при температуре  $-16^{\circ}\text{C}$  в течение 12 часов, оттаивание – в отапливаемом помещении при температуре  $+21^{\circ}\text{C}$  в течение 9 часов перед испытанием и в течение 12 часов перед следующим замораживанием.

Все эксперименты выполнялись на стандартном лабораторном оборудовании по методике, стандартной для механики грунтов.

Особенность использованной методики заключается в следующем:

- одна часть образцов испытывалась до замораживания, а другая часть таких же образцов того же грунта испытывалась после одного, двух и трех циклов «замораживание – оттаивание»;
- нагружение проводилось ступенями по 0,05 МПа на первых двух ступенях и 0,1 МПа на третьей ступени с выдержкой по 5 минут.

За результат испытаний принималось среднее арифметическое значение параллельных определений соответствующего метода.

Методика определения физико-механических показателей почвогрунта приведена в работе [2].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Результаты определения физических характеристик почвогрунта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты определения физических характеристик

| Физическая характеристика   | Единица измерения      | Значение |
|-----------------------------|------------------------|----------|
| Плотность, $\rho$           | $\text{г}/\text{см}^3$ | 1,91     |
| Влажность, $W$              | %                      | 29,7     |
| Число пластичности, $I_p$   | %                      | 19       |
| Показатель текучести, $I_L$ | д. е.                  | 0,87     |
| Плотность скелета, $\rho_d$ | $\text{г}/\text{см}^3$ | 1,47     |
| Коэффициент пористости, $e$ | д. е.                  | 0,86     |
| Пористость, $n$             | д. е.                  | 0,46     |

По результатам испытаний по ГОСТ 25100-2012 «Грунты. Классификация» установлен вид и состояние почвогрунта – глина текучепластичная.

Результаты определения физико-механических характеристик почвогрунта после испытания приведены в табл. 2.

Таблица 2

Средние значения физико-механических характеристик почвогрунта до замораживания и после оттаивания

| Состояние              | Коэффициент пористости $e$ , д. е. | Модуль деформации $E$ , МПа |
|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| До испытания           | 0,86                               |                             |
| Без замораживания      | 0,72                               | 4,215                       |
| 1-й цикл замораживания | 0,661                              | 3,518                       |
| 2-й цикл замораживания | 0,679                              | 3,409                       |
| 3-й цикл замораживания | 0,601                              | 3,211                       |

Результаты испытаний (табл. 2) показали, что при многократных процессах замораживания и оттаивания после каждого цикла «замораживание – оттаивание» модуль деформации глины уменьшается. Наиболее интенсивные изменения происходят в первом цикле. В следующих циклах уменьшение модуля деформации суглинка замедляется.

Изменение физико-механических характеристик почвогрунта при многократных циклах «замораживание – оттаивание» представлено в табл. 3.

Таблица 3

Изменение физико-механических характеристик почвогрунта при многократных циклах «замораживание – оттаивание»

| Состояние         | Коэффициент пористости $e$ , д. е. | Модуль деформации $E$ , МПа |
|-------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Без замораживания | 0,722 (100 %)                      | 4,215 (100 %)               |
| 1-й цикл          | -9,418 %                           | -18,956 %                   |
| 2-й цикл          | -13,435 %                          | -20,403 %                   |
| 3-й цикл          | -16,066 %                          | -26,88 %                    |

## ВЫВОДЫ

Установлено, что при повторяющихся процессах замораживания и оттаивания после каждого цикла «замораживание – оттаивание» коэффициент пористости и модуль деформации глины уменьшаются. Наиболее интенсивные изменения происходят в первом цикле. В следующих циклах это уменьшение замедляется.

Экспериментально установлено, что модуль деформации глины после первого цикла «замораживание – оттаивание» уменьшается на 19 %, после второго и третьего – на 20,4 % и 27 % соответственно по отношению к значению модуля деформации в начальном состоянии до замораживания. Коэффициент пористости уменьшается

на 9,4 % после первого цикла «замораживание – оттаивание», на 13,4 % после второго цикла и на 15 % после третьего. Уменьшение коэффициента пористости и модуля деформации при многократном замораживании и оттаивании суглинка объ-

ясняется изменением структуры почвогрунта под влиянием циклов «замораживание – оттаивание».

Результаты исследований могут быть использованы для создания моделей, описывающих процессы уплотнения оснований лесных дорог.

\* Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности на 2012–2016 гг.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катаров К. В., Kovaleva N. B., Kochanov A. N., Markov V. I., Petrov A. N., Rat'kova E. I., Rozhin D. V., Stepanov A. V., Sokolov A. P., Syuney V. S. *Proektirovaniye, stroitel'stvo, soderzhanie i remont lesnykh dorog* [Design, construction, maintenance, and reconditioning of forest roads]. Petrozavodsk, PetrSU Publ., 2014. 92 p.
2. Rat'kova E. I., Syuney V. S., Katarov V. K. Влияние цикла «замораживание – оттаивание» на модуль деформации и коэффициент сжимаемости суглинков // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2013. № 4 (133). С. 75–78.
3. Rat'kova E. I., Syuney V. S., Katarov V. K. Воздействие циклов «замораживание – оттаивание» на деформационные свойства лесных почво-грунтов Карелии // *Resources and Technology*. 2013. Т. 10. № 1. С. 73–89.
4. Aura E. Soil compaction by the tractor in spring and its effect on soil porosity // *Journal of the scientific agricultural society of Finland*. 1983. Vol. 55. P. 91–107.
5. Karjalainen T., Leinonen T., Gerasimov Y. Intensification of forest management and improvement of wood harvesting in Northwest Russia – Final report of the research project. Metlan tyoraport / Husso M. & Karvinen S. (eds.) // Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 110. Joensuu: Metla, 2009. 151 p.

**Rat'kova E. I.**, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian, Russian Federation)  
**Katarov V. K.**, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian, Russian Federation)  
**Kovaleva N. V.**, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian, Russian Federation)

#### GROUNDWORK BASE CONSOLIDATION OF FOREST ROADS BUILT ON CLAY SOILS DURING INTERSEASONAL PERIODS

The influence of the “freezing-thawing” cycle on the module of deformation and porosity coefficient of the forest clay soils used in construction of forest roads foundations during interseasonal periods is considered. Experiments conducted in laboratory settings have confirmed that the “freezing-thawing” cycle causes reduction of the deformation module. The practical value of the obtained experimental results is defined by the possibility of their usage in developing models describing the process of forest roads’ groundwork base consolidation.

Key words: wood soils, module of deformation, off-season periods, clay

#### REFERENCES

1. Katarov K. V., Kovaleva N. V., Kochanov A. N., Markov V. I., Petrov A. N., Rat'kova E. I., Rozhin D. V., Stepanov A. V., Sokolov A. P., Syuney V. S. *Proektirovaniye, stroitel'stvo, soderzhanie i remont lesnykh dorog* [Design, construction, maintenance, and reconditioning of forest roads]. Petrozavodsk, PetrSU Publ., 2014. 92 p.
2. Rat'kova E. I., Syuney V. S., Katarov V. K. Effect of “freezing and defrosting” on deformation module and coefficient of clay loam reduction [Vliyanie tsikla “замораживание – оттаивание” na modul’ deformatsii i koeffitsient szhimaemosti suglinkov]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. “Estestvennye i tekhnicheskie nauki”* [Proceedings of Petrozavodsk State University. Natural & Engineering Sciences]. 2013. № 4 (133). P. 75–78.
3. Rat'kova E. I., Syuney V. S., Katarov V. K. Effect of cycles “freeze – thaw” by the deformation properties of Karelian forest soils and subsoils [Vozdeystvie tsiklov “замораживание – оттаивание” na deformatsionnye svoystva lesnykh pochvo-gruntov Karelii]. *Resources and Technology*. 2013. Vol. 10. № 1. P. 73–89.
4. Aura E. Soil compaction by the tractor in spring and its effect on soil porosity // *Journal of the scientific agricultural society of Finland*. 1983. Vol. 55. P. 91–107.
5. Karjalainen T., Leinonen T., Gerasimov Y. Intensification of forest management and improvement of wood harvesting in Northwest Russia – Final report of the research project. Metlan tyoraport / Husso M. & Karvinen S. (eds.) // Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 110. Joensuu: Metla, 2009. 151 p.

Поступила в редакцию 04.05.2015