

**КРИОТРОПНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ СНИЖЕНИЯ МОРОЗОПАСНОСТИ
ГРУНТОВ РЕГИОНА Г. ЯКУТСКА**

Д-р техн. наук, профессор **Н.П. Сигачев**,
канд. техн. наук, доцент **О.В. Соколова**,
канд. хим. наук, доцент **Н.А. Коновалова**
(Забайкальский институт
железнодорожного транспорта),
аспирант **Д.А. Григорьев**
(Иркутский государственный
университет путей сообщения)
Конт. информация: +7 (4112) 47-30-74;
+7 (3022) 24-06-90;
+7 (3022)24-06-90;
+7 (3022) 24-06-90;
grigordenis@mail.ru

Изучена возможность использования криотропного полимерного материала для предотвращения и ликвидации дефектов земляного полотна при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог, в том числе в районах вечной мерзлоты. Исследованы деформации морозного пучения пылевато-глинистых грунтов, широко распространенных на территории г. Якутска и часто используемых в качестве природного основания автомобильных дорог. При введении в морозоопасный грунт полимерного материала обеспечивается его переход не только в категорию неморозоопасного при идентичных условиях промерзания, но и повышение несущей способности.

Ключевые слова: криотропные полимерные материалы, дефекты земляного полотна, морозоопасный грунт, деформации морозного пучения.

На территории Республики Саха (Якутия), в частности г. Якутска, широко распространено явление морозного пучения грунтов, оказывающее неблагоприятное воздействие на основания инженерных сооружений. Это обуславливает актуальность достоверной оценки пучинистых свойств различных видов грунтов с установлением критериев их морозоопасности, используемых при проектировании инфраструктурных объектов [1-3].

Таким образом, существует необходимость усовершенствования способов защиты основания (земляного полотна) автомобильных дорог

и аэродромных покрытий на территории Якутии как с позиций эффективности их работы, так и с точки зрения минимизации стоимости строительства и эксплуатации.

В ходе исследований, выполненных авторами данной статьи, изучали возможность использования криотропного полимерного материала для предотвращения и ликвидации дефектов земляного полотна при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог, в том числе в районах вечной мерзлоты. Криотропные полимерные материалы по своей природе являются криотропными гелями – полимерными гелями, образующимися в результате замораживания и последующего оттаивания водных растворов полимеров с верхней критической температурой растворения. При этом, чем большему количеству циклов замораживания/оттаивания подвергается материал, тем лучше становятся его механические свойства (увеличение прочности и упругости, усиление сцепления с породой). При применении криотропных полимерных материалов происходит повышение водонепроницаемости и структурной прочности грунтов, улучшение их гидроизоляционных свойств, повышение сцепления с грунтовым карбонатным материалом.

Применение криотропных полимерных материалов представляет большой интерес в научном и прикладном плане, что во многом обусловлено их доступностью, требуемыми механическими, диффузионными и теплофизическими свойствами, а также нетоксичностью и экологичностью.

В лабораторных условиях были исследованы деформации морозного пучения пылевато-глинистых грунтов, которые широко распространены на территории г. Якутска и часто являются природным основанием автомобильных дорог при их строительстве. Практика показывает, что наибольшему пучению подвергаются грунты, дисперсность которых соответствует размерам пылеватых частиц от 0,05 до 0,005 мм. При промораживании образцов моделировались условия, максимально приближенные к естественным. Создавалось одномерное тепловое поле, которое обеспечивало послойное промерзание грунта при оптимальной скорости. Физические свойства грунтов, исследованных в лабораторных условиях, приведены в **табл. 1**.

При испытании образцов глинистых грунтов всех разновидностей в лабораторных условиях при идентичных условиях промерзания относительная деформация морозного пучения глины значительно превысила относительную деформацию суглинка, морозоопасность которого была выше образцов супесчаных грунтов. При указанном коэффициенте водонасыщения, согласно ГОСТ 25100-2011, исследуемые глины

являются сильнопучинистыми грунтами, а суглинки и супеси – среднепучинистыми.

Таблица 1

Физические свойства грунтов, исследуемых на морозное пучение в лабораторных условиях

Грунты (по ГОСТ 25100-2011)	Влажность, д. ед.	Число пластичности	Показатель текучести	Плотность грунта, г/см ³			Пористость, %	Коэффициент водонасыщения	Коэффициент пористости
				природная	сухого	частиц			
Супесь	0,30	6,3	0,64	1,82	1,40	2,70	48,15	0,929	0,872
Суглинок	0,30	9,8	0,68	1,87	1,44	2,71	46,92	0,884	0,920
Глина	0,30	17,3	0,74	1,95	1,50	2,74	45,26	0,827	0,994

Значения модуля деформации при этом составили: для супеси – 9 МПа; для суглинков – 8 МПа; для глин – 7 МПа.

Испытания проводились на образцах грунта нарушенного сложения и отобранных без сохранения природной влажности. Поэтому в ходе эксперимента были заданы максимально неблагоприятные условия, обеспечивающие наибольшую морозоопасность грунтов, которая может наблюдаться в процессе строительства и эксплуатации сооружения.

Испытания проводили на трех параллельных образцах каждого исследуемого грунта при непрерывном подтоке воды к нижнему торцу образца грунта, при скорости промерзания грунта не более 2 см/сут. при моделировании одномерного теплового поля, обеспечивающего послойное промерзание грунта. Значение ε_n вычислялось как среднее арифметическое результатов параллельных определений.

Образцы грунта, предназначенные для испытаний, укладывали в цилиндрические разъемные формы диаметром 100 мм и высотой 200 мм. Образец грунта нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности помещали в формы методом послойного трамбования. Искусственно приготовленные образцы предварительно дважды промораживали и оттаивали при подтоке воды в промерзающий

грунт. Боковые поверхности образцов были изолированы от бокового промерзания сыпучим пенопластом. Для измерения вертикальных деформаций образца грунта использовались индикаторы часового типа с погрешностью не более 0,1 мм. После введения в увлажненный грунт криотропного полимерного материала опыт повторили при идентичных условиях промерзания, сохраняя выбранный для грунта температурно-влажностный режим и обеспечивая непрерывное поступление воды к нижней части образца при скорости промерзания около 2 см/сут. Продолжительность цикла составила 5 сут., снятие показаний проводилось через 12 ч. Данные о степени пучинистости образцов после введения в грунт полимерного материала представлены в **табл. 2**.

Таблица 2

Степень пучинистости образцов грунта после введения в него полимерного материала

<i>Образец грунта</i>	<i>Среднее значение вертикальной деформации образца грунта в конце испытания, мм</i>	<i>Фактическая толщина промерзшего слоя образца грунта, мм</i>	<i>Относительная деформация морозного пучения, $\epsilon_{\text{р}}$</i>	<i>Степень пучинистости грунта</i>
Супесь	0	106	< 1,0	Непучинистый
Суглинок	0,3	108	< 1,0	Непучинистый
Глина	0,7	107	< 1,0	Непучинистый

Относительная деформация морозного пучения образцов глинистого грунта до и после обработки полимерным материалом представлена на **рис. 1**.

После обработки полимерным материалом исследуемые грунты не только стали не морозоопасными (**рис. 1**), но и характеризуются повышением несущей способности.

Значения модуля деформации при этом составили: для супеси – 1-12 МПа; для суглинков – 1-11 МПа; для глин – 1-10 МПа.

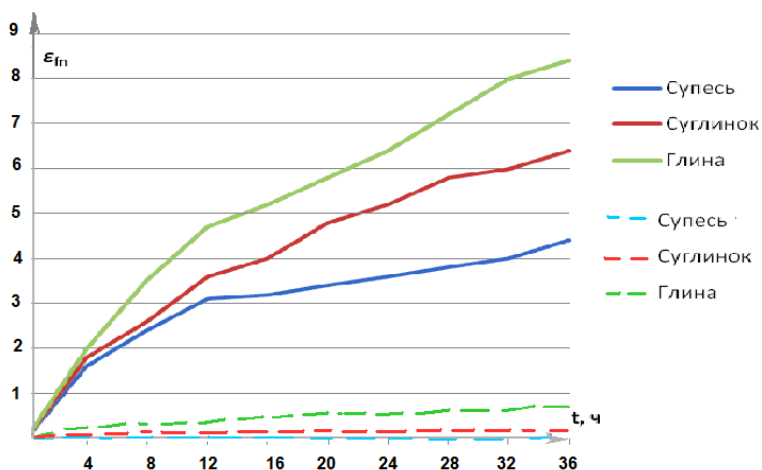


Рис. 1. Относительная деформация морозного пучения образцов глинистого грунта:
сплошная линия – исходные образцы;
пунктирная линия – образцы после обработки полимерным материалом

Таким образом, после введения в морозоопасный грунт полимерного материала, он переходит не только в категорию неморозоопасного при идентичных условиях промерзания, но и при этом повышается его несущая способность. Это доказывает возможность применения криотропного полимерного материала для предотвращения и ликвидации дефектов земляного полотна при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог не только в районах сезонного промерзания грунта, но и в районах распространения вечной мерзлоты. Кроме того, перспективным является применение криотропных полимерных материалов в противофильтрационных элементах грунтовых сооружений, а также в связи с необходимостью обеспечения требований надежности и безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений, объектов захоронения токсичных и радиоактивных отходов и решения других экологических проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов А.В. Теплообмен почвы с атмосферой в северных и умеренных широтах СССР / А.В. Павлов. – Якутск, 1975. – 302 с.
2. Алексеева О.И. О проблемах градостроительства в криолитозоне / О.И. Алексеева, В.Т. Балобаев, М.Н Григорьев и др. // Криосфера Земли. – 2007. – №2. – С. 76-83.

3. Шац М.М. Геоэкологические проблемы селитебных северных территорий / М.М. Шац // Теоретическая и прикладная экология. – 2009. – №3. – С. 46-51.

L I T E R A T U R A

1. Pavlov A.V. Teploobmen pochvy s atmosferoj v severnyh i umerennyh shirotah SSSR / A.V. Pavlov. – Jakutsk, 1975. – 302 s.
2. Alekseeva O.I. O problemah gradostroitel'stva v kriolitozone / O.I. Alekseeva, V.T. Balobaev, M.N. Grigor'ev i dr. // Kriosfera Zemli. – 2007. – #2. – S. 76-83.
3. Shac M.M. Geojekologicheskie problemy selitebnyh severnyh territorij / M.M. Shac // Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija. – 2009. – #3. – S. 46-51.

CRYOTROPIC POLYMER MATERIALS FOR REDUCING SOILS FREEZE DANGER IN YAKUTSK REGION

Ph. D. (Tech.), Professor **N.P. Sygachev**,
Ph. D. (Tech.), Associate Professor **O.V. Sokolova**,
Ph. D. (Tech.), Associate Professor **N.A. Konovalova**
(Transbaykal Institute of Railway transport),
Postgraduate student **D.A. Grigoriev**
(Irkutsk State Transport University)
Contact information: +7 (4112) 47-30-74;
+7 (3022) 24-06-90;
+7 (3022)24-06-90;
+7 (3022) 24-06-90;
grigordenis@mail.ru

The possibility of using cryotropic polymeric materials to prevent and eliminate roadbed defects when constructing, reconstructing and repairing roads, including in permafrost region is examined. The strains of frost heaving silty clay soils widespreaded across the territory of Yakutsk and often used as a natural roadbase are studied. When injecting polymeric material into the freeze dangerous soil not only its transition into the category non freez dangerous under identical conditions of freezing as well as increasing its bearing capacity are provided.

Key words: cryotropic polymer materials, subgrade defects, freeze dangerous soil, frost heaving strains.

Рецензент: канд. техн. наук А.П. Фомин (ФГУП «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию 27.03.2014 г.