

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №2, Том 11 / 2019, No 2, Vol 11 <https://esj.today/issue-2-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/76SAVN219.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Свидерских А.В., Носков И.В. Анализ изменения характеристик лессовых грунтов в зависимости от пористости // Вестник Евразийской науки, 2019 №2, <https://esj.today/PDF/76SAVN219.pdf> (доступ свободный).  
Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Sviderskikh A.V., Noskov I.V. (2019). Analysis of characteristics changes in the loess soils depending on porosity. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 2(11). Available at: <https://esj.today/PDF/76SAVN219.pdf> (in Russian)

**УДК 624.131.23**

**ГРНТИ 67.21.17**

**Свидерских Андрей Владимирович**

ООО «Сибирская теплосбытовая компания»

Филиал в г. Барнаул, Барнаул, Россия

Ведущий инженер отдела реализации тепловой энергии управления по реализации тепловой энергии

E-mail: [gluk\\_cs@mail.ru](mailto:gluk_cs@mail.ru)

**Носков Игорь Владиславович**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия

Заведующий кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: [noskov.56@mail.ru](mailto:noskov.56@mail.ru)

## **Анализ изменения характеристик лессовых грунтов в зависимости от пористости**

**Аннотация.** В статье описаны предпосылки и актуальность исследования, поставлены задачи исследования. В соответствии с чем, актуальность исследования обусловлена недостаточной изученностью лессовых грунтов, как наиболее распространенных на территории Алтайского края, их характеристик и поведения в условиях замачивания, с приложением нагрузки. Приводятся основные результаты лабораторных испытаний лессовых грунтов в зависимости от плотности скелета грунта. Описаны основные этапы и методы для проведения испытаний по определению механических характеристик грунта. Показана методика определения диапазонов плотности, в соответствии с которыми был произведен анализ полученных результатов. Разработаны основные корреляционные зависимости между пористостью грунта и его механическими характеристиками, таких как удельное сцепление, угол внутреннего трения, модуль общей деформации и относительная просадочность. Произведена статистическая обработка полученного ряда данных для различных факторов, на основании которой выбрана линейная модель парной регрессии для функций  $c = f(e_0)$ ,  $\phi = f(e_0)$ ,  $\epsilon_{sl} = f(e_0)$  и степенная модель парной регрессии для функции  $E = f(e_0)$ . Принятые модели достаточно точно описывают сильную корреляционную связь между пористостью и механическими характеристиками ( $\rho_{xy} > 0,7$ ). В соответствии с полученными моделями были построены графики зависимости механических характеристик от пористости.

Итогом проведенных исследований стала комплексная оценка физико-механических характеристик лессовых грунтов. Лессовый грунт следует доводить до плотности, исключая проявление пучинистых свойств. При данной плотности должны быть высокие

деформационные и прочностные характеристики. По результатам анализа данной плотностью является  $1,80-1,83 \text{ г/см}^3$ .

**Ключевые слова:** грунт; основание; лабораторные испытания; пористость; просадочность; пучинистость; оптимальная влажность; механические характеристики грунта; установка; испытание грунта; корреляционная зависимость

В настоящее время инженерно-геологические изыскания являются неотъемлемой частью современного строительства. Изучение основания фундаментов будущего здания или сооружения позволяет более гармонично и точно подобрать дальнейшие технологические мероприятия для его возведения. В результате инженерно-геологических изысканий вырисовывается картина послойного залегания различных грунтов, что определяет инженерно-геологические условия.

Россия имеет широкое распространение лессовых грунтов на значительной территории. Лёссовые грунты занимают практически 17 % территории России. На территории Западной Сибири распространённость лессовых просадочных грунтов составляет порядка 20 %. Просадочные грунты расположены на площадках Барнаула, Бийска Новосибирска, Кемерово, Омска, и других городов, которые, в свою очередь, являются важными промышленными центрами России (рисунок 1). Комплексное изучение лессовых просадочных грунтов является необходимостью для передового строительства. Оно обеспечит безопасность эксплуатации данных типов грунтов в качестве основания новых зданий и сооружений, а также поспособствует созданию гибких интеллектуальных решений для существующих проблем у уже возведенных зданий и сооружений.

Эксплуатация и строительство зданий и сооружений на просадочных основаниях, основными типами грунтов которых являются лессы, сигнализирует о том, что их характеристики и, главным образом, их поведение в условиях замачивания с приложением нагрузки, недостаточно исследованы. Главными факторами, влияющими на возникновение аварийного состояния зданий и сооружений, являются неравномерная просадка основания, подтопление жилых и промышленных массивов городов, невыполнение технических условий на производство строительно-монтажных работ, ошибки технического персонала при проведении инженерно-геологических изысканий и т. п. [1].

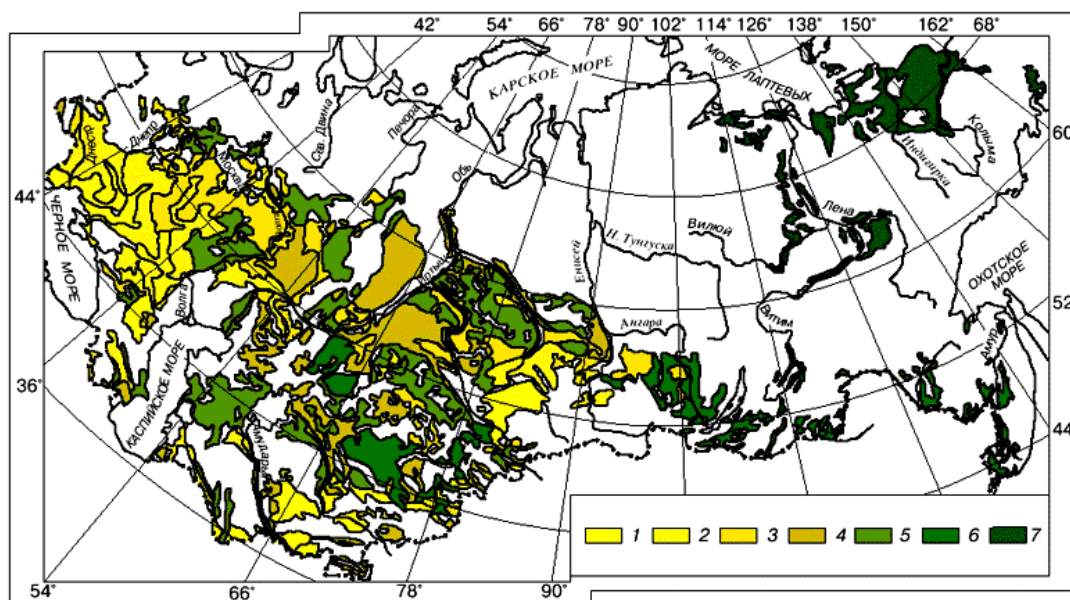


Рисунок 1. Карта распространения лёссовых пород на территории СНГ [17]

Изложенное выше обуславливает проблематику, существующую в исследовании лессовых грунтов. А именно, обеспечение устойчивости и надежности при строительстве зданий и сооружений на лёссовых и лессовидных просадочных грунтах. Современные расчетные модели по проектированию зданий и сооружений на подобных специфических грунтах имеют несовершенства. В них не учтена особенность инженерно-геологического строения лессовых грунтов, динамика изменения грунта в зависимости от внешнего давления при замачивании, а также структурно-текстурные особенности.

Согласно ГОСТ 25100-2011, лессовые грунты классифицируют как просадочные, которые при увеличении влажности (замачивании) и наличия нагрузки приводят к дополнительным деформациям – просадкам. Они возникают в следствии увеличения плотности, вызванное изменением структуры данного грунта. На территории Алтайского края распространение лессовых и лессовидных просадочных грунтов составляет порядка 60 %.

Распространение лессовых просадочных грунтов на территории города Барнаула достаточно обширное. Они занимают всё Приобское плато, содержащее в себе значительную часть центра города, весь север города, а также поселок Южный и нагорную часть территории города. По всей площади распространены субаэральные грунты с числом пластичности в диапазоне от 0,05 до 0,10 (суглинки и супеси). Физико-механические характеристики этих грунтов достаточно схожи и близки по значениям [2; 3].

Обозначенная проблематика обуславливает актуальность исследования лессовых грунтов, а именно изменение его характеристик в зависимости от плотности. Важно определить какая плотность является наиболее опасной для фундамента здания или автомобильной дороги.

Для этого проводился ряд последовательных действий от выбора площадки и отбора проб грунта до непосредственного испытания в лабораторных условиях. Все площадки отбора проб находятся на территории Приобского Плато [4].

Грунт отбирался и доставлялся в испытательную лабораторию кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» АлтГТУ им. И.И. Ползунова в соответствии с ГОСТ 12071-2014<sup>1</sup>. Далее были определены физические характеристики грунта и определен тип грунта в соответствии с ГОСТ 5180-2015<sup>2</sup>, ГОСТ 25100-2011<sup>3</sup>, ГОСТ 22733-2016<sup>4</sup>, ГОСТ 12248-2010<sup>5</sup>, ГОСТ 20522-2012<sup>6</sup>. Исходные физические характеристики грунта представлены в таблице 1.

---

<sup>1</sup> ГОСТ 12071-2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов [Текст]. – Введ. 2015-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 12 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 5180-2015. Грунты. Метод лабораторного определения физических характеристик [Текст]. – Введ. 2016-04-01. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 23 с.

<sup>3</sup> ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация [Текст]. – Введ. 2013-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 38 с.

<sup>4</sup> ГОСТ 22733-2016. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности [Текст]. – Введ. 2017-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 15 с.

<sup>5</sup> ГОСТ 12248-2010. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости [Текст]. – Введ. 2012-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 83 с.

<sup>6</sup> ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний [Текст]. – Введ. 2013-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 20 с.

Таблица 1

Исходные физические характеристики исследуемого грунта

Естественная влажность	Естественная плотность	Плотность сухого грунта	Влажность на границе раскатывания	Влажность на границе текучести	Коэффициент водонасыщения	Пористость	Коэффициент пористости	Число пластичности	Показатель текучести	Тип грунта
W, %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>	W <sub>p</sub> , %	W <sub>L</sub> , %	S <sub>r</sub>	n, %	e	J <sub>p</sub>	J <sub>L</sub>	
14,5	1,63	1,42	19	30	0,43	47,5	0,90	0,11	-0,44	Суглинок легкий лессовый твердый

Составлено автором

Следующим этапом проводились испытания по исследованию образцов грунта на морозное пучение, одноплоскостной сдвиг и компрессионное сжатие. Для определения влияния плотности на дальнейшие полученные характеристики грунта, было решено разработать диапазоны плотности, которые будут использоваться в дальнейшем при последующих испытаниях [5].

Диапазоны были получены в зависимости от количества ударов груза по штанге (как в испытании по ГОСТ 22733-2016). А именно, 40, 30, 20, 10 и 5 ударов груза. После определения диапазонов плотности были проведены испытания образцов грунта на морозное пучение в целях выяснения степени пучинистости грунта в соответствии с ГОСТ 28622-2012<sup>7</sup>.

Для этого, приготовленный образец грунта, при различной плотности (в соответствии с диапазонами), был помещен в лабораторную установку для испытания на морозное пучение в течении, не менее, двух циклов замораживания-оттаивания (рисунок 2).



Рисунок 2. Лабораторная установка для испытаний на морозное пучение (составлено автором)

<sup>7</sup> ГОСТ 28622-2012. Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости [Текст]. – Введ. 2013-11-01. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 12 с.



**Рисунок 3.** Испытанный образец грунта в кольцевой обойме после воздействия морозного пучения (составлено автором)

После этого была проведена серия испытаний на одноплоскостной срез для определения прочностных характеристик: угла внутреннего трения  $\phi$  и удельного сцепления  $c$ . Методом компрессионного сжатия был определен модуль деформации  $E$ . Испытания проводились согласно рекомендациям ГОСТ 12248-2010.

Полученные результаты всех серии испытаний были обработаны с помощью программных продуктов и сведены в таблицу 2.

**Таблица 2**

**Механические характеристики лессового грунта при различной плотности**

Количество ударов, раз	Диапазон изменения плотности скелета грунта ( $\rho_d$ ), г/см <sup>3</sup>	Коэффициент пористости ( $e_0$ )	Удельное сцепление грунта ( $c$ ), МПа	Угол внутреннего трения ( $\phi$ ), град.	Модуль общей деформации ( $E$ ), МПа	Относительная просадочность ( $\varepsilon_{sl}$ )	Относительная деформация морозного пучения ( $\varepsilon_{fh}$ )
40	1,83–1,80	0,460–0,510	0,08	27	11,19	0,0013	0,006
30	1,80–1,74	0,510–0,550	0,07	27	10,45	0,0042	0,008
20	1,72–1,70	0,575–0,660	0,07	24	8,39	0,0095	0,013
10	1,62–1,55	0,675–0,760	0,06	19	6,79	0,0249	0,04
5	1,45–1,42	0,870–0,940	0,04	15	2,94	0,0835	0,05

Составлено автором

В ходе статистической обработки полученных данных, были установлены корреляционные зависимости между механическими характеристиками грунта и коэффициентом пористости. Они сведены в таблицу 3, и в соответствии с этим были построены графики (рисунки 4–7).

**Таблица 3**

**Характеристики корреляционных зависимостей**

Функция	Тип модели	$A_{cp}$ , %	$\rho_{xy}$	Уравнение
$c = f(e_0)$	Линейная	10	-0,993	$c = 0,154 - 0,151 * e_0$
$\phi = f(e_0)$	Линейная	3	-0,969	$\phi = 37,586 - 21,295 * e_0$
$\varepsilon_{sl} = f(e_0)$	Показательная	37,6	0,931	$\varepsilon_{sl} = -0,097 + 0,189 * e^0$
$E = f(e_0)$	Линейная	6,3	0,988	$E = 20,72 - 19,71 * e_0$

Составлено автором

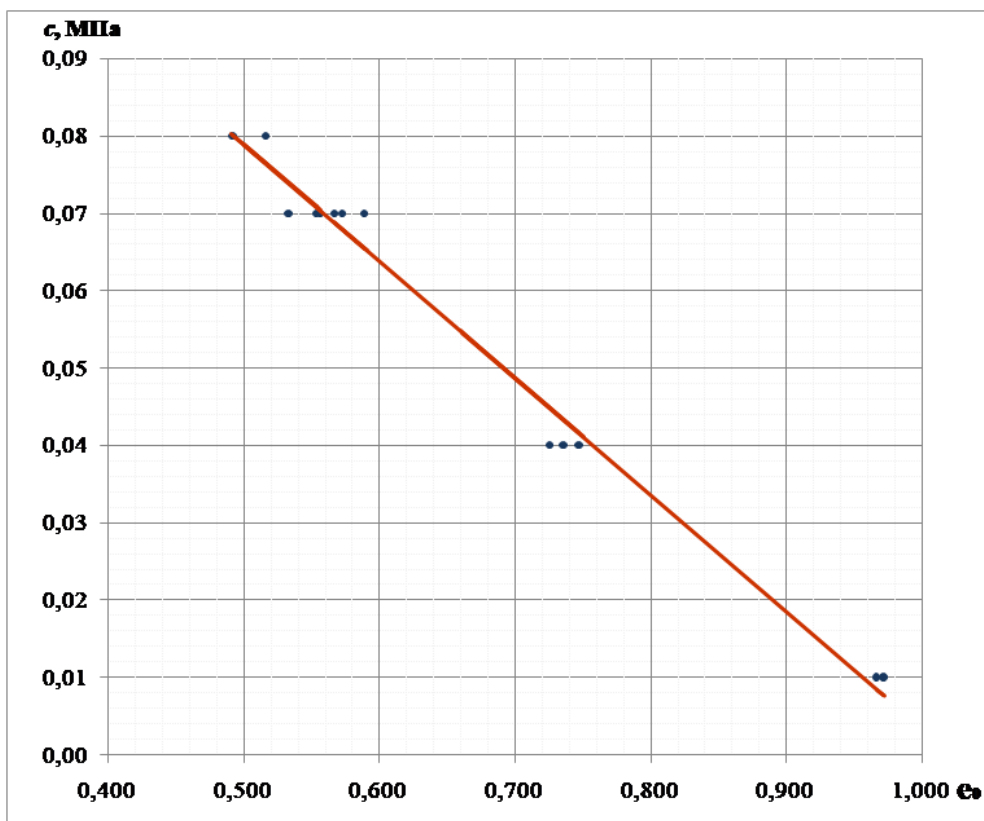


Рисунок 4. График зависимости удельного сцепления от пористости (составлено автором)

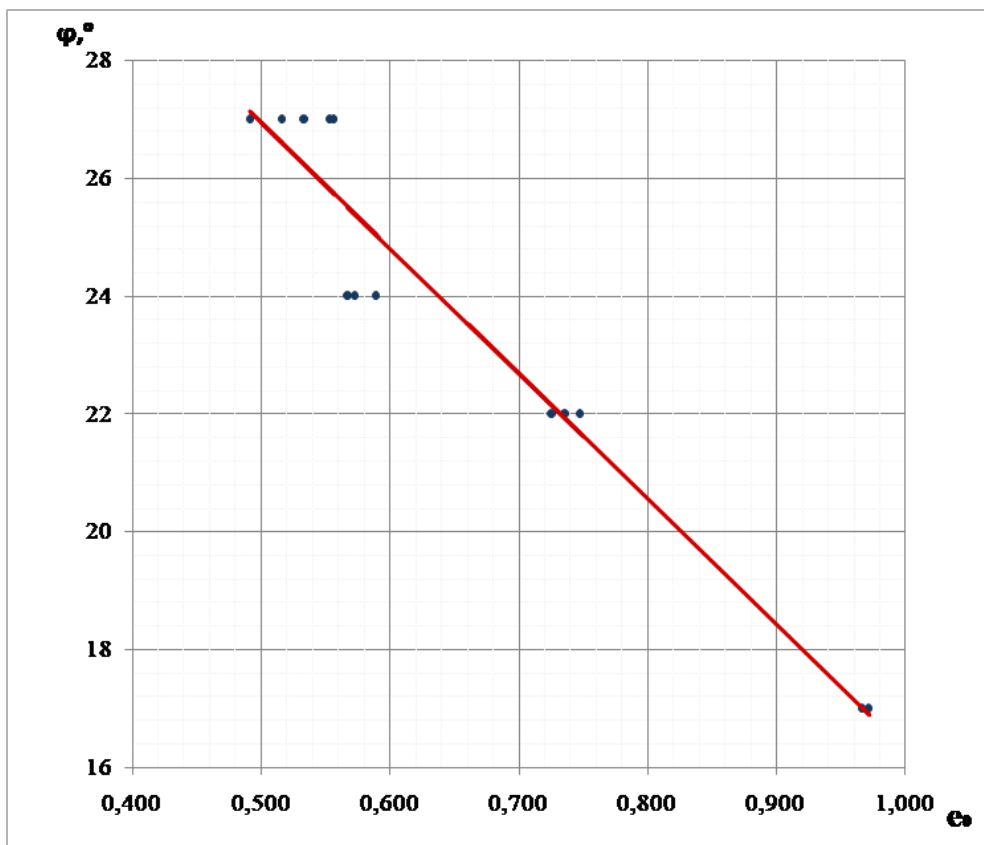
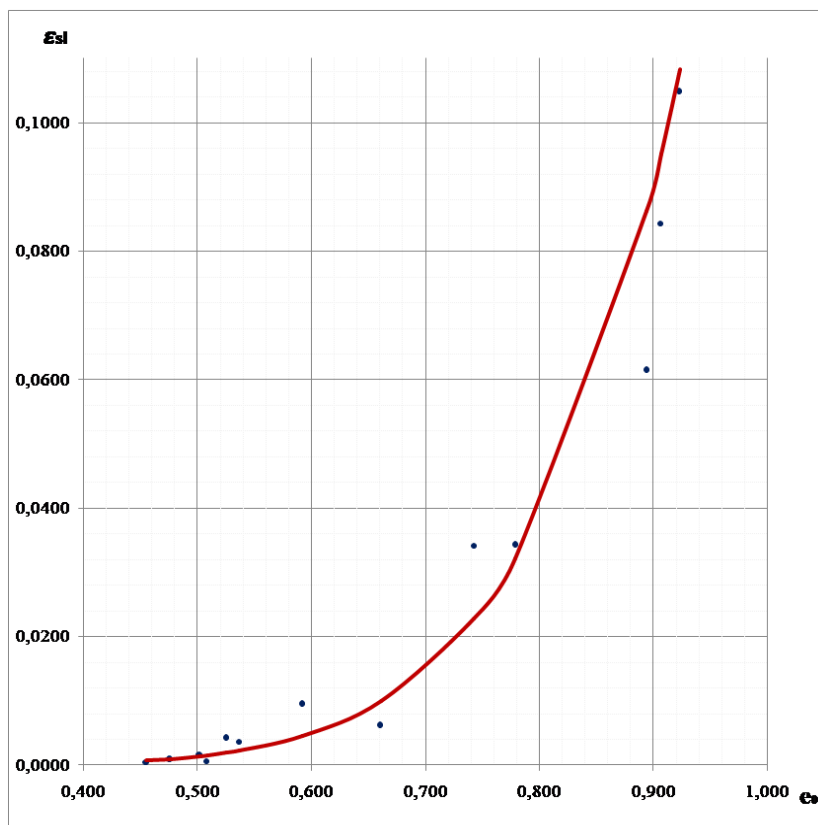
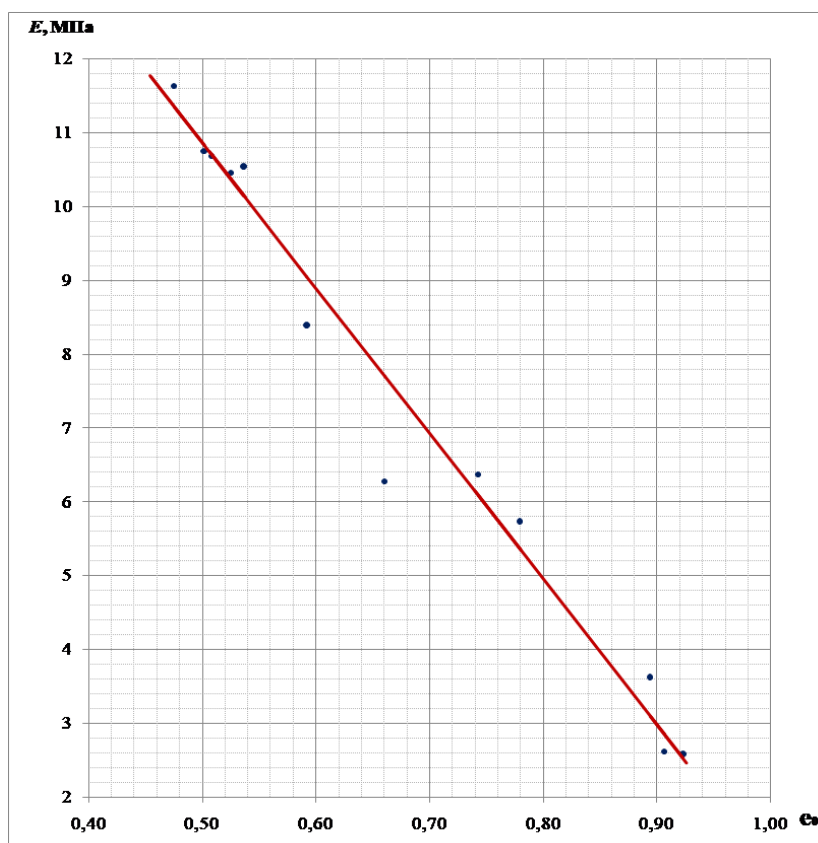


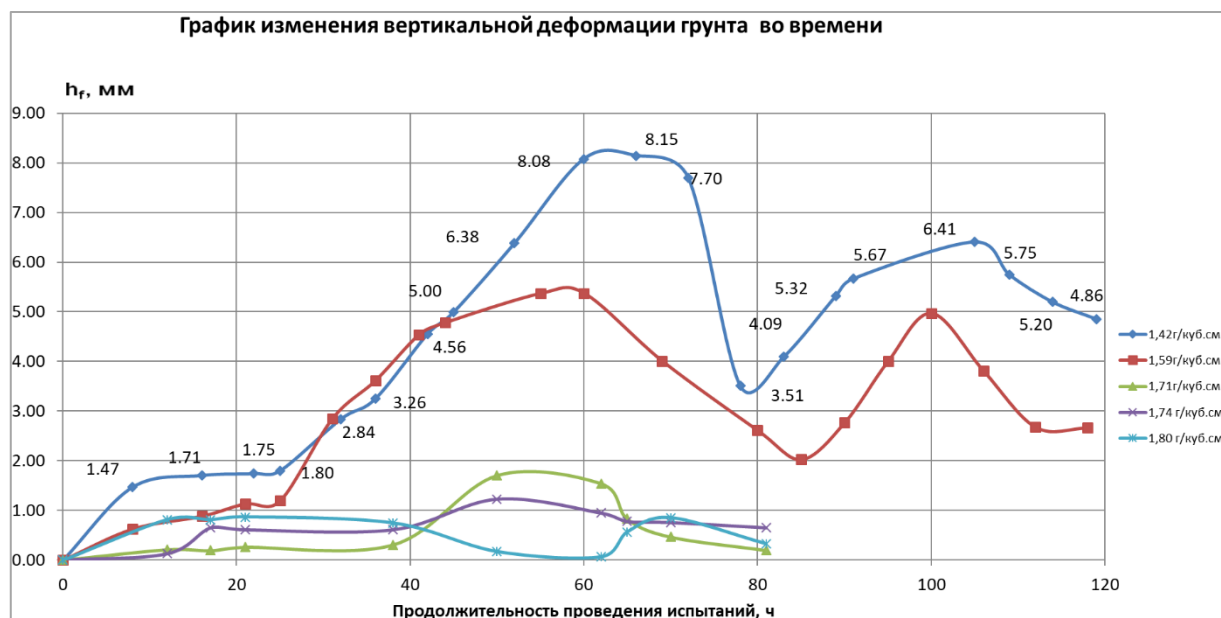
Рисунок 5. График зависимости угла внутреннего трения от пористости (составлено автором)



*Рисунок 6. График зависимости относительной просадочности от пористости (составлено автором)*



*Рисунок 7. График зависимости модуля общей деформации от пористости (составлено автором)*



**Рисунок 8.** Графики изменения вертикальной деформации в процессе испытания образцов грунта на морозное пучение (составлено автором)

Угол внутреннего трения и удельное сцепление растет с увеличением плотности, этому способствует уменьшение пор и, следовательно, увеличение сил, препятствующих сдвигу.

Удельное сцепление грунта и угол внутреннего трения при плотности скелета 1,83–1,80 г/см<sup>3</sup> в 2 раза больше, чем при 1,45–1,42 г/см<sup>3</sup>.

Модуль общей деформации значительно увеличивается с увеличением плотности, что способствует меньшей осадке фундамента или дорожного полотна под действием нагрузки от вышележащих конструкций, или движения автомобилей и грузовых машин. Модуль общей деформации при плотности скелета 1,83–1,80 г/см<sup>3</sup> почти в 4 раза больше, чем при плотности 1,45–1,42 г/см<sup>3</sup>.

Относительная просадочность зависит обратно пропорционально от плотности. Относительная просадочность при плотности скелета 1,83–1,80 г/см<sup>3</sup> почти в 65 раз меньше, чем при 1,45–1,42 г/см<sup>3</sup>

Рассматривая пучинистость, также можно сделать вывод, что достаточно пористые лессовидные грунты являются пучинистыми, что ведет за собой последствия. После нескольких циклов вертикальная деформация возрастает. Это объясняется тем, что грунт, подвергшийся однажды морозному пучению, теряет способность противостоять дальнейшим процессам пучения, что является следствием разуплотнения, потерей части структурных связей под действием воды и перепада температур. Поэтому плотность грунта должна быть выше, чем 1,72 г/см<sup>3</sup> т. к. при ней грунт начинает проявлять пучинистые свойства. Данные выводы подтверждаются испытаниями, проведенными другими отечественными исследователями. В соответствии с которыми, многократные циклы замораживания оттаивания влияют на величину вертикальной деформации, а плотность имеет существенную связь с механическими характеристиками [6–10, 11<sup>8</sup>, 12].

<sup>8</sup> Проведено сравнительное определение тангенциальных сил морозного пучения в зависимости от температурного режима промерзания грунта с использованием трех методов исчисления. В результате их анализа были разработаны рекомендации (на основе стандартного лабораторного метода измерения удельных тангенциальных сил морозного пучения грунтов) для расчета интегральной величины тангенциальных сил морозного пучения фундаментов.



Однако, природная плотность грунта является ниже, поэтому необходимо применение мероприятий по улучшению грунтового основания или применения фундаментов, которые могут успешно эксплуатироваться в данных сложных инженерно-геологических условиях. К таковым относятся фундаменты на сваях СВКС, которые в результате завинчивания могут увеличивать плотность около свайного грунта, тем самым снижая негативное воздействие сил морозного пучения и явления просадочности [13–16].

### Выводы

1. Полученные результаты испытаний грунта при различной плотности показали сильную зависимость между механическими характеристиками грунта и пористостью. При увеличении пористости на 10 % происходят существенные изменения механических характеристик грунта.

2. Произведена статистическая обработка полученного ряда данных для различных факторов, на основании которой выбрана линейная модель парной регрессии для функций  $c = f(e_0)$ ,  $\phi = f(e_0)$ ,  $\varepsilon_{sl} = f(e_0)$  и степенная модель парной регрессии для функции  $E = f(e_0)$ . Принятые модели достаточно точно описывают сильную корреляционную связь между пористостью и механическими характеристиками ( $\rho_{xy} > 0,7$ ).

3. Достаточная величина механических характеристик (угол внутреннего трения, удельное сцепление, модуль общей деформации), при которой будет обеспечена устойчивость грунта к внешним воздействиям наблюдается при плотности 1,74–1,80 г/см<sup>3</sup>. Проявление пучинистых свойств становится незначительным при плотности 1,74–1,80 г/см<sup>3</sup>. Допустимое проявление просадочных свойств наблюдается при плотности 1,83–1,80 г/см<sup>3</sup>, при которой будут исключаться отрицательные воздействия.

4. Комплексное изучение физико-механических характеристик лессовых грунтов позволяет подвести итог. Лессовый грунт следует доводить до плотности, исключающей проявление пучинистых свойств. При данной плотности должны быть высокие деформационные и прочностные характеристики. По результатам анализа данной плотностью является 1,80–1,83 г/см<sup>3</sup>.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Швецов, Г.И. Лессовые просадочные грунты Западной Сибири, их инженерно-геологические, геоэкологические свойства и их изменение под влиянием техногенных воздействий [Текст] / Г.И. Швецов, И.В. Носков // Ползуновский альманах. – 2000. – № 3. – С. 176–187.
2. Осипов, В.И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород [Текст] / В.И. Осипов. – Москва: Изд-во МГУ, 1979. – 232 с.
3. Robert W. Day. Foundation engineering handbook / Robert W. Day. – N.Y.: McGraw-Hill Companies, 2010. – P. 1008.
4. Свидерских, А.В. Влияние плотности скелета грунта на прочностные характеристики уплотнённых лёссовых грунтов [Электронный ресурс] / А.В. Свидерских, О.Л. Моисеева, Б.М. Черепанов // Наука и молодежь-2014: 11-я Всероссийская науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция «Строительство» / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 2014. – С. 26–28. – Режим доступа: <http://edu.secna.ru/publication/5/release/94/attachment/30>. – Загл. с экрана.
5. Свидерских, А.В. Анализ изменения характеристик лессового грунта при оптимальной влажности в зависимости от плотности [Текст] / А.В. Свидерских,

- Б.М. Черепанов // Молодежь-Барнаул: материалы XVI городской науч.-практ. конф. молодых ученых, 17–25 ноября 2014 г. – Барнаул, 2014. – С. 277–280.
6. Черепанов, Б.М. Обследование автомобильной дороги "Бийск – Карабинка – граница Республики Алтай" с целью выявления причин разрушения дорожных одежд [Текст] / Б.М. Черепанов, Т.С. Бодосова // Ползуновский вестник. – 2011. – № 1. – С. 228–235.
  7. Черепанов, Б.М. Эффективность введения сезонного ограничения осевых нагрузок на автомобильных дорогах Алтайского края [Текст] / Б.М. Черепанов, О.Л. Моисеева, Э.Е. Таныгина // Ползуновский вестник. – 2014. – № 1. – С. 217–220.
  8. Татиевская, А.В. Влияние количества циклов промораживания-оттаивания на определение степени пучинистости грунта [Электронный ресурс] / А.В. Татиевская, А.П. Ермолаева, Б.М. Черепанов // Наука и молодежь-2013: 10-я Всероссийская науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция «Строительство» / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 2013. – С. 117–119. – Режим доступа: [http://edu.secna.ru/media/f/ofigig\\_tez\\_2013.pdf](http://edu.secna.ru/media/f/ofigig_tez_2013.pdf). – Загл. с экрана.
  9. Моисеева, О.Л. Исследование уплотненных лессовых грунтов и влияние физико-механических характеристик на их степень пучинистости [Текст] / О.Л. Моисеева, Б.М. Черепанов // Ползуновский вестник. – 2014. – № 1. – С. 104–106.
  10. Влияние внешней нагрузки на морозное пучение промерзающих грунтов по данным теоретических и экспериментальных исследований // Материалы четвертой конференции геокриологов России / В.Г. Чеверев, М.А. Минкин, Е.В. Сафронов и др. // Материалы четвертой конференции геокриологов России. – 2011. – С. 118–124.
  11. Алексеев А.Г., Чеверев В.Г. Определение касательной силы морозного пучения грунтов: рекомендации // Криосфера Земли. – 2019. – Т. 23, № 1. – С. 72–79.
  12. Ларионова Н.А. Влияние процессов взаимодействия в системе вода-лессовые грунты на изменение их состояния и свойств // Труды Всероссийской конференции с участием иностранных ученых "Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами". – НТЛ Томск, 2012. – С. 394–397.
  13. Свидерских А.В. Сваи СВКС в качестве фундаментов зданий и сооружений в современном строительстве [Электронный ресурс] / А.В. Свидерских, И.В. Носков // Наука и молодежь-2017: 14-я Всероссийская науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция «Строительство» / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 2017. – С. 67–69. – Режим доступа: [http://edu.secna.ru/media/f/ofigig\\_tez\\_2017.pdf](http://edu.secna.ru/media/f/ofigig_tez_2017.pdf). – Загл. с экрана.
  14. Носков И.В., Цысь Д.И., Криворотов А.П. Исследование работы многолопастных винтовых свай «BAU» в условиях морозного пучения грунтов // Ползуновский вестник. 2012. № 1. С. 131–137.
  15. Nabizadeh F., Choobbasti A. J. Field Study of Capacity Helical Piles in Sand and Silty Clay // Transportation Infrastructure Geotechnology. 2017. Vol. 4, Issue 1. Pp. 3–17.
  16. Teng-fei Wang, Jian-kun Liu, Hua-gang Zhao, Ya-long Shang, Xiao-qiang Liu. Experimental study on the anti-jacking-up performance of a screw pile for photovoltaic stents in a seasonal frozen region // Journal of Zhejiang University-SCIENCE A (Applied Physics & Engineering). 2016. Vol. 17, Issue 7. Pp. 512–524.
  17. Пантюшина, Е.В. Лессовые грунты и инженерные методы устранения их просадочных свойств [Текст] / Е.В. Пантюшина // Ползуновский вестник. – 2011. – № 1. – С. 127–130.

**Sviderskikh Andrey Vladimirovich**

SIO «Siberia heatsales company»  
Barnaul branch, Barnaul, Russia  
E-mail: gluk\_cs@mail.ru

**Noskov Igor Vladislavovich**

Polzunov Altai state technical university, Barnaul, Russia  
E-mail: noskov.56@mail.ru

## **Analysis of characteristics changes in the loess soils depending on porosity**

**Abstract.** The article describes the timeliness and terms of reference of research, it is set tasks of research. Whereby, the timeliness of research is conditioned by insufficient information on loess soils, as the most common on the Altai region territory, their characteristics and behavior in soaking conditions, with the load application. The main results of laboratory tests of loess soils depending on the dry unit weight of the soil are given. The basic stages and methods for provide tests for determining the mechanical characteristics of the soil are described. The method of determining the density ranges is shown, whereby the obtained results were analyzed. It have been developed the main correlation dependences between the soil porosity and it is mechanical characteristics, such as specific cohesion, angle of internal friction, total deformation modulus, and relative subsidence. A statistical processing of the obtained data series was carried out for various factors, on the basis of which a linear model of the pair regression was selected for the functions  $c = f(e_0)$ ,  $\phi = f(e_0)$ ,  $\varepsilon_{sl} = f(e_0)$  and a power-law model of the pair regression for the function  $E = f(e_0)$ . The assumed models accurately describe the strong correlation between porosity and mechanical characteristics ( $\rho_{xy} > 0.7$ ).

The result of the research was a complex evaluation of the physic-mechanical characteristics of loess soils. Loess soil should be adjust to a density that excludes the consequence of heaving properties. At this density, there should be high deformation and strength characteristics. According to the results of the analysis, this was a density of 1.80–1.83 g/cm<sup>3</sup>. In accordance with obtained models, graphs of the dependence of mechanical characteristics on porosity were constructed.

**Keywords:** soil; basement; laboratory tests; porosity; collapsibility; heaving; optimum moisture; mechanical characteristics of soil; installation; soil tests; correlation dependence