Игошева Л.А., Гришина А.С. Планирование эксперимента по закреплению основания из водонасыщенного глинистого грунта раствором на основе сульфата магния при строительстве зданий и сооружений // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7, № 4. – С. 102–110. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.4.010

Igosheva L.A., Grishina A.S. Design of experiments to consolidate the water-saturated clay soil base by magnesium sulfate in the construction of buildings and structures. *PNRPU Bulletin. Construction and Architecture*. 2016. Vol. 7, no. 4. Pp. 102–110. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.4.10

**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**
Т. 7, № 4, 2016
**PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>

DOI: 10.15593/2224-9826/2016.4.10

УДК 624.138.1

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ЗАКРЕПЛЕНИЮ ОСНОВАНИЯ ИЗ ВОДОНАСЫЩЕННОГО ГЛИНИСТОГО ГРУНТА РАСТВОРОМ НА ОСНОВЕ СУЛЬФАТА МАГНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ#

Л.А. Игошева, А.С. Гришина

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 30 сентября 2016
Принята: 12 октября 2016
Опубликована: 28 декабря 2016

Ключевые слова:

модельный эксперимент,
планирование эксперимента,
глинистый грунт,
электрохимическое закрепление,
сульфат магния

АННОТАЦИЯ

Главными задачами строительства до сих пор остаются повышение качества работ и эффективности материальных вложений. Особенно это касается ведения строительства в сложной инженерно-геологической ситуации, когда необходимо решение комплексных задач в области фундаментостроения. Наличие слабых глинистых грунтов в основании вызывает ряд трудностей при проведении строительных работ. При этом прорезать фундаментами значительную толщу слабых грунтов бывает экономически нецелесообразно. В связи с этим актуальным вопросом становится развитие современных методов укрепления оснований, сложенных слабыми глинистыми грунтами.

Одним из эффективных методов улучшения механических характеристик глинистых грунтов является электрохимическая обработка. Электрохимическое закрепление – это способ улучшения свойств водонасыщенных грунтов, основанный на появлении под действием постоянного электрического тока процессов электролиза и электроосмоса.

Данная статья посвящена вопросу электрохимического закрепления водонасыщенных глинистых грунтов Пермского края раствором на основе 20%-го сульфата магния при строительстве зданий и сооружений.

Статья представляет собой планирование эксперимента. Для дальнейших лабораторных испытаний выбраны водонасыщенные глинистые грунты с определенными показателями текучести $I_L = 0,4; 0,6$, так как грунты такой консистенции чаще всего встречаются в Пермском крае.

Рассмотрена методика подготовки грунта с заданными характеристиками. Характеристики водонасыщенного грунта в естественном состоянии и грунта, усиленного методом электрохимического закрепления, будут получены по результатам испытаний по методу одноплоскостного среза и компрессионного сжатия. Приведены параметры и схемы модельного эксперимента. Вводятся критерии оценки эффективности метода по изменению механических характеристик грунта: угла внутреннего трения $\Delta\phi$, удельного сцепления Δc и модуля деформации ΔE .

© ПНИПУ

© Игошева Любовь Александровна – магистрант, e-mail: 13lubashka@mail.ru.
Гришина Алла Сергеевна – аспирант, старший преподаватель, e-mail: koallita@yandex.ru.

Liubov' A. Igosheva – Master Student, e-mail: 13lubashka@mail.ru.
Alla S. Grishina – Postgraduate Student, Senior Lecturer, e-mail: koallita@yandex.ru.

DESIGN OF EXPERIMENTS TO CONSOLIDATE THE WATER-SATURATED CLAY SOIL BASE BY MAGNESIUM SULFATE IN THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

L.A. Igosheva, A.S. Grishina

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 30 September 2016
Accepted: 12 October 2016
Published: 28 December 2016

Keywords:

model experiment, experimental design, clay soil, electrochemical binding, magnesium sulfate

ABSTRACT

The main construction tasks are still improving the performance quality and effectiveness of material investments. This is especially true for construction in difficult geotechnical situation that requires the solution of complex tasks in the field of geotechnics. Weak clay soil base causes a number of difficulties when carrying out construction works. At the same time it is not economically feasible to penetrate soft soils by pile foundation. Therefore, an important issue will be the development of modern methods of strengthening soft clay soil bases.

One of the effective methods to improve mechanical properties of clayey soil is an electrochemical process. Electrochemical consolidation is a way to improve the properties of water-saturated soils based on the appearance of electrolysis and electro-osmosis under the action of a constant electric current.

This paper focuses on the electrochemical consolidation of clayey water-saturated soils of the Perm region on the basis of 20 % magnesium sulfate in the construction of buildings and structures.

The article is the experiment planning. For further laboratory testing water-saturated clay soils were selected with defined liquid limits: $I_L = 0,4; 0,6$. As the soils of such consistency are most often found in the Perm region.

In the article the technique of soil preparation with desired characteristics is considered. Characteristics of saturated soil in a natural state and soil improved by electrochemical consolidation will be received by results of direct shear tests and compression tests. The parameters and the scheme of the model experiment are given. Criteria for evaluating the method effectiveness to change the mechanical characteristics of the soil are introduced: change in angle of internal friction $\Delta\varphi$, change in specific adhesion Δc , change in and deformation modulus ΔE .

© PNRPU

В практике строительства сооружений различного назначения часто бывает экономически нецелесообразно прорезать фундаментами значительную толщю слабых грунтов. Использование слабых грунтов в качестве оснований возможно при условии их предварительного укрепления с целью повышения несущей способности и снижения деформируемости. На территории Пермского края слабые глинистые грунты широко распространены. Актуальным будет являться исследование новых способов укрепления, применимых для грунтов такого типа. При этом низкая проницаемость и низкая прочность глинистых грунтов препятствуют закреплению грунта смолами и цементными растворами. Решением проблемы улучшения характеристик слабых грунтов может стать электрохимическое закрепление. Электрохимическое закрепление – это способ улучшения свойств влагонасыщенных грунтов, основанный на явлении под действием постоянного электрического тока процессов электролиза, электроосмоса, обменных реакций, образования и накопления новых химических соединений.

Отличительной чертой электрохимического метода, по сравнению с химическими, является использование для упрочнения грунта постоянного электрического тока. При пропускании тока через грунт, а также использовании электролита происходят физико-химические процессы, которые ведут к упрочнению грунта.

Область применения метода электрохимического закрепления довольно обширна. Он применяется для увеличения несущей способности слабых глинистых грунтов, созда-

ния завесы из грунтовых свай, ограждения объектов от грунтовых вод, закрепления основания перед строительством подземных и наземных сооружений. Метод электрохимического закрепления имеет ряд достоинств, например: минимизируется ручной труд, снижаются затраты финансов и времени [1–3].

Существует несколько способов электрохимической обработки, все они основаны на введении в грунт растворов различных химических веществ: электролитов на основе алюмокалиевых квасцов, хлористого кальция, жидкого стекла и т.д. Перечисленные электролиты значительно устарели и не обеспечивают требуемой прочности и равномерности закрепления грунта. В настоящее время очень важным является совершенствование методов электрохимической обработки грунтов. Одним из примеров усовершенствования является использование электролитов на основе сульфата магния [4].

Цель данной работы – обоснование параметров электрохимического закрепления влагонасыщенных глинистых грунтов Пермского края раствором на основе 20%-го сульфата магния при строительстве зданий и сооружений, обеспечивающего повышение эффективности ведения строительных работ и снижение трудоемкости.

Эксперимент считаем модельным, поскольку он проводится на экспериментальной установке, моделирующей естественные условия. Масштаб эксперимента – 1:10. В соответствии с масштабом применены металлические электроды.

Основная идея работы заключается в применении раствора сульфата магния при формировании несущей способности грунтов для обоснования параметров технологии и разработки технического обеспечения одnorастворного электрохимического закрепления для подготовки строительной площадки перед началом работ [5, 6].

Лабораторные испытания будут проводиться с суглинком $I_p = 0,16$ различной консистенции, т.е. с заданными показателями текучести $I_L = 0,4; 0,6$ как наиболее широко распространенными в Пермском крае [7].

Для задания показателя текучести I_L необходимо знать число пластичности грунта I_p и определить значение влажности по формуле

$$w = I_L \cdot (w_L - w_p) + w_p, \quad (1)$$

где w – необходимая влажность грунта; I_L – заданный показатель текучести; w_L – верхняя граница текучести; w_p – нижняя граница раскатывания.

Первой ступенью эксперимента является подготовка пасты (рис. 1), которую получаем, смешивая грунт в виде сухого порошка с водой. Имея влажность грунта, применяемого в эксперименте, можно определить количество воды, необходимое для добавления в порошок грунта с целью получения пасты заданной консистенции:

$$m_w = w \cdot m_s, \quad (2)$$

где m_w – необходимая масса воды; m_s – масса сухого грунта [7].

Емкостью для проведения эксперимента будет служить пластмассовый таз объемом $0,9 \text{ м}^3$. Заполнять таз следует постепенно, плотно укладывая пасту слоями. В течение всего времени хранения пасты до начала эксперимента необходимо контролировать влажность грунта путем систематического определения влажности проб.

Рис. 1. Подготовка пасты
Fig. 1. Preparation of packing clay

В качестве электролита были рассмотрены различные растворы, но по рекомендациям А.М. Бургунутдинова, занимающегося исследованием данной темы, был выбран 20%-й раствор сульфата магния, применяемый в дозировке 15 л на 1 м³ закрепляемого грунта [8, 9].

Электролит подается в грунт через анодные электроды, которые представляют собой трубки диаметром 1 см, длиной 30 см с перфорацией 0,3–0,5 мм. В качестве материала электродов выбраны алюминий и железо (рис. 2). Глубина погружения электродов в грунт составляет 20,5 см, расположение в плане – шахматное (рис. 3).

Рис. 2. Металлические электроды
Fig. 2. Metal electrodes

Плотность тока принята равной 2,5–3 А/м². На начальном этапе обработки плотность тока должна быть выше, к окончанию времени рекомендуется уменьшить ее до 0,5 А/м². Изменение будет осуществляться с помощью регулируемого блока питания, присоединяемого ко всем четырем электродам клеммами. Предполагаемое время обработки – 8 ч.

Рис. 3. Схема расположения электродов: *a* – в плане; *б* – в разрезе
Fig. 3. The arrangement of electrodes: *a* – plan; *b* – sectional

Характеристики прочности и деформируемости глинистого грунта в естественном состоянии и глинистого грунта, усиленного электрохимическим закреплением, будут получены по результатам лабораторных испытаний по методу одноплоскостного среза и компрессионного сжатия. Испытания будут производиться в соответствии с ГОСТ 12248 [10–15].

В исследованиях планируется провести четыре серии испытаний. Первая серия будет проводиться для незакрепленного грунта с показателем текучести 0,4; вторая – также для незакрепленного грунта, но с показателем текучести 0,6. Третья и четвертая серии будут проводиться для закрепленного грунта с показателями текучести 0,4 и 0,6 соответственно. Программа экспериментальных исследований приведена в таблице.

Параметры программы испытаний

The parameters of the test program

Входные параметры		Выходные параметры		
Условие закрепления	I_L	c	φ	E
Незакрепленный	0,4	Испытание одноплоскостного среза ГОСТ 12248 $\sigma = 100, 200, 300$ кПа		Испытание компресси- онного сжатия ГОСТ 12248
	0,6	Испытание одноплоскостного среза ГОСТ 12248 $\sigma = 100, 150, 200$ кПа		
Закрепленный	0,4	Испытание одноплоскостного среза ГОСТ 12248 $\sigma = 100, 200, 300$ кПа		
	0,6	Испытание одноплоскостного среза ГОСТ 12248 $\sigma = 100, 150, 200$ кПа		

Для оценки влияния электрохимического закрепления на закрепленный грунт введем безразмерные коэффициенты, показывающие изменения угла внутреннего трения $\Delta\varphi$, удельного сцепления Δc и модуля деформации ΔE .

$$\Delta\phi_{0,4;0,6} = \frac{\phi_{0,4;0,6}^{\text{закр}}}{\phi_{0,4;0,6}^{\text{незакр}}}, \quad (3)$$

где $\phi_{0,4;0,6}^{\text{закр}}$ – угол внутреннего трения закрепленного грунта с показателями текучести 0,4 и 0,6 соответственно; $\phi_{0,4;0,6}^{\text{незакр}}$ – угол внутреннего трения незакрепленного грунта с показателями текучести 0,4 и 0,6 соответственно.

$$\Delta c_{0,4;0,6} = \frac{c_{0,4;0,6}^{\text{закр}}}{c_{0,4;0,6}^{\text{незакр}}}, \quad (4)$$

где $c_{0,4;0,6}^{\text{закр}}$ – удельное сцепление закрепленного грунта с показателями текучести 0,4 и 0,6 соответственно; $c_{0,4;0,6}^{\text{незакр}}$ – удельное сцепление незакрепленного грунта с показателями текучести 0,4 и 0,6 соответственно.

$$\Delta E_{0,4;0,6} = \frac{E_{0,4;0,6}^{\text{закр}}}{E_{0,4;0,6}^{\text{незакр}}}, \quad (5)$$

где $E_{0,4;0,6}^{\text{закр}}$ – модуль деформации закрепленного грунта с показателями текучести 0,4 и 0,6 соответственно; $E_{0,4;0,6}^{\text{незакр}}$ – модуль деформации трения незакрепленного грунта с показателями текучести 0,4 и 0,6 соответственно.

Применение глинистых грунтов в качестве основания зданий и сооружений довольно сложно. Обусловлено это их низкой прочностью, а также низкой проницаемостью. При этом неэффективными методами считаются инъекционные, поскольку цементные растворы и смолы очень сложно закачать в грунтовый массив.

Решением проблемы закрепления слабых грунтов является метод электрохимического закрепления. Обработка глинистого массива током с применением электролита значительно улучшает его физико-механические свойства.

В данной статье составлен план эксперимента и определены параметры влияния метода электрохимического закрепления на свойства глинистого грунта. По результатам эксперимента будут сделаны выводы об эффективности метода электрохимического закрепления, а также будут высказаны предположения об изменении параметров эксперимента.

Библиографический список

1. Методы подготовки и устройства искусственных оснований: учеб. пособие / Р.А. Мангушев, Р.А. Усманов, С.В. Ланько, В.В. Конюшков. – М.; СПб.: АСВ, 2012. – 266 с.
2. Жинкин Г.Н., Калганов В.Ф. Электрохимическая обработка глинистых грунтов в основаниях сооружений. – М.: Стройиздат, 1980. – 164 с.
3. Повышение надежности нефте- и газопромысловых дорог электрохимическим закреплением / А.М. Бургонутдинов, В.А. Бурмистров, Б.С. Юшков, О.Н. Бурмистрова // Науч.-техн. вестник Поволжья. – 2013. – № 6. – С. 78–81.

4. Пономарев А.Б., Гришина А.С., Мащенко А.В. Результаты исследований прочностных характеристик глинистых грунтов, армированных различными геосинтетическими материалами // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2015. – № 4 (20). – С. 9–21.
5. Электроосмос как способ улучшения физических и механических свойств связных грунтов / С.И. Алексеев, Д.Н. Понедельников, И.В. Копылов, Г.Р. Курбанов // Техника и технологии. – 2012. – № 4. – С. 86–93.
6. Игошева Л.А., Гришина А.С. Обзор основных методов укрепления грунтов основания // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 2. – С. 5–21.
7. Калошина С.В., Пономарев А.Б. Об инженерно-геологических условиях строительства г. Перми // Проблемы механики грунтов и фундаментостроения в сложных грунтовых условиях: тр. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 50-летию БашНИИСтроя: в 3 т. – Уфа, 2006. – Т. 2. – С. 119–124.
8. Клевеко В.И. Исследование работы армированных глинистых оснований // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 4. – С. 101–110.
9. Кузнецова А.С., Пономарев А.Б. Планирование и подготовка эксперимента трехосного сжатия глинистого грунта, улучшенного фибровым армированием // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2013. – № 1. – С. 151–161.
10. Пономарев А.Б., Кузнецова А.С., Богомолова О.А. Результаты исследований фиброармированного песка // Актуальные проблемы геотехники: сб. статей, посвящ. 60-летию проф. А.Н. Богомолова. – Волгоград, 2014. – С. 140–147.
11. Полищук А.И., Межаков А.С. Оценка работы разделительных ограждений в слабых глинистых грунтах, устраиваемых для защиты существующих зданий от влияния нового строительства // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – № 4. – С. 124–131.
12. Сычкина Е.Н., Пономарев А.Б. К вопросу прогноза осадки свайных фундаментов, опирающихся на аргиллитоподобные глины (на примере г. Перми) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 2. – С. 92–103.
13. Кнатько В.М., Руднева И.Е. Математические методы и планирование эксперимента в грунтоведении и инженерной геологии. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983.
14. Мащенко А.В. Влияние армирования геосинтетическими материалами на пучинистые свойства грунтов // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 6 (53). – С. 263–272.
15. Bartolomey A.A., Ponomaryov A.B., Kleveko V.I. Use of geosynthetic materials for increase bearing capacity of clayishbeddings // EuroGeo 1: Proc. of the First Geosynthetics Congress, Maastricht, Netherlands, 30 September – 2 October 1996. – Maastricht, 1996. – P. 459–461.
16. Игошева Л.А., Петренева О.А., Клевеко В.И. Применение геосинтетических материалов при проектировании автомобильных стоянок в сложных инженерно-геологических условиях // Строительство и архитектура. Опыт и современные технологии. – 2015. – Вып. 4, ч. 1. – С. 10.

References

1. Mangushev R.A., Usmanov R.A., Lan'ko S.V., Konushkov V.V., Mangushev R.A. Metody podgotovki i ustroistva iskusstvennykh osnovanii [Methods of preparation and construction of artificial bases]. Moscow, Saint Petersburg: ASV, 2012. 266 p.
2. Zhinkin G.N., Kalganov V.F. Elektrokhimicheskaya obrabotka glinistykh gruntov v osnovaniyakh sooruzhenii [Electrochemical treatment of clayey soils in the foundations of buildings]. Moscow: Stroiizdat, 1980. 164 p.
3. Burgynytdinov A.M., Burmistrov V.A., Iushkov B.S., Burmistrova O.N. Povysenie nadezhnosti nefte- i gazopromyslovykh dorog elektrokhimicheskim zakrepleniem [Improving the reliability of oil and gas field roads electrochemical fixing]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ia*, 2013, no. 6, pp. 78-81.
4. Ponomarev A.B., Grishina A.S., Mashchenko V.A. Rezultaty issledovaniy prochnostnykh kharakteristik glinistykh gruntov, armirovannykh razlichnymi geosinteticheskimi materialami [The results of research of strength characteristics of clayey soils reinforced with different geosynthetic materials]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika*, 2015, no. 4 (20), pp. 9-21.
5. Alekseev S.I., Ponedel'nikov D.N., Kopylov I.V., Kurbanov G.R. Elektroosmos kak sposob uluchsheniya fizicheskikh i mekhanicheskikh svoystv svyaznykh gruntov [Electroosmosis as a way to improve the physical and mechanical properties of cohesive soils]. *Tekhnika i tekhnologii*, 2012, no. 4, pp. 86-93.
6. Igosheva L.A., Grishina A.S. Obzor osnovnykh metodov ukrepleniya gruntov osnovaniya [Overview of basic methods to strengthen the foundation soils]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2014, no. 2, pp. 5-21.
7. Kaloshina S.V., Ponomarev A.B., Ob inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh stroitel'stva goroda Permi [On the engineering-geological conditions of construction Perm]. *Trudy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, posviashchennoi 50-letiiu BashNIIStroia "Problemy mekhaniki gruntov i fundamentostroeniya v slozhnykh gruntovykh usloviyakh"*. Ufa, 2006, vol. 2, p. 119-124.
8. Kleveko V.I. Issledovanie raboty armirovannykh glinistykh osnovanii [Research work reinforced clay grounds]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2014, no. 4, pp. 101-110.
9. Kuznetsova A.S., Ponomarev A.B. Planirovaniye i podgotovka eksperimenta trekhosnogo szhatiya glinistogo grunta, uluchshennogo fibrovym armirovaniem [Planning and preparation for an experiment triaxial clay soil, improved fiber reinforcement]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2013, no. 1, pp. 151-161.
10. Ponomarev A.B., Kuznetsova A.S., Bogomolova O.A. Rezul'taty issledovaniy fibroarmirovannogo peska [The results of studies fiber reinforced sand]. *Sbornik statei, posviashchennyyi 60-letiiu professora A.N. Bogomolova "Aktual'nye problemy geotekhniki"*. Volgograd, 2014, pp. 140-147.
11. Polishchuk A.I., Mazakov A.S. Otsenka raboty razdelitel'nykh ograzhdenii v slabykh glinistykh gruntakh, ustraivaemykh dlia zashchity sushchestvuiushchikh zdaniy ot vliyaniya novogo stroitel'stva [Assessment of the work of the separation fence in a weak clay soils, ar-

ranged to protect the existing buildings from the impact of the new construction]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2016, no. 4, pp. 124-131.

12. Sychkina E.N., Ponomarev A.B. K voprosu prognoza osadki svainykh fundamentov, opiraiushchikhsia na argillitopodobnye gliny na primere goroda Permi [To the question of the forecast precipitation of pile foundations based on argillit-like clay (for example, Perm)]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2014, no. 2, pp. 92-103.

13. Knat'ko V.M., Rudneva I.E. Matematicheskie metody i planirovanie eksperimenta v gruntovedenii i inzhenernoi geologii [Mathematical methods and experimental design in engineering geology and soil science]. Leningrad: Leningradskii gosudarstvennyi universitet, 1983.

14. Mashchenko A.V. Vliianie armirovaniia geosinteticheskimi materialami na puchinistye svoistva gruntov [The effect of geosynthetic reinforcement materials in heaving properties of soils]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2015, no. 6 (53), pp. 263-272.

15. Bartolomey A.A., Ponomaryov A.B., Kleveko V.I. Use of geosynthetic materials for increase bearing capacity of clayishbeddings. *Proceedings of the First Geosynthetic Congress "EuroGeo 1", Maastricht, Netherlands, 30 September – 2 October*. Maastricht, 1996, pp. 459-461.

16. Igosheva L.A., Petreneva O.A., Kleveko V.I. Primenenie geosinteticheskikh materialov pri proektirovanii avtomobil'nykh stoianok v slozhnykh inzhenerno-geologicheskikh usloviiakh [The use of geosynthetics in the design of car parks in difficult engineering-geological conditions]. *Stroitel'stvo i arkhitektura. Opyt i sovremennye tekhnologii*, 2015, no. 4, p. 10.