

DOI: 10.15593/2224-9826/2015.4.07

УДК 624.131

**М.Н. Лавриков, О.А. Шутова**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь, Россия**К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ СВОЙСТВ  
ЗАТОРФОВАННЫХ ГРУНТОВ**

Статья посвящена вопросу устройства сооружений на слабых грунтах, в частности на заторфованных территориях. Дано определение заторфованных грунтов, приведены их характеристики, описана нормативная методика проведения испытаний заторфованных грунтов и определения их свойств. Отмечены проблемы, связанные со строительством на заторфованных территориях, с определением свойств грунтов такого типа. Приведено описание площадок с заторфованными грунтами на территории Пермского края и характеристики грунтов площадок. Описаны результаты наблюдений за осадками на площадке в Камской долине. Описана методика проведения ускоренного испытания заторфованных грунтов, предложенная А.Л. Невзоровым и А.В. Никитиным (г. Архангельск). Одной из проблем строительства на заторфованных территориях является устройство насыпей для строительства дорог и улиц, поэтому в статье проанализирована возможность использования геосинтетических материалов для стабилизации насыпей.

**Ключевые слова:** торфы, заторфованные грунты, слабые грунты, консолидация, осадка, компрессионная кривая, ускорение испытаний.

**M.N. Lavrikov, O.A. Shutova**Perm National Research Polytechnic University,  
Perm, Russian Federation**TO THE QUESTION ABOUT THE STUDY  
OF THE PROPERTIES OF STARFUNNY SOILS**

This article is devoted to a question of the device of constructions on soft soil, in particular, on the starfunny territories. In article definition the starfunny of soil is given, their characteristics are provided, the standard technique of carrying out tests the starfunny of soil and determination of their properties is described. The problems connected with construction on the starfunny territories with determination of properties of soil of this kind are noted. The description of platforms with starfunny soil in the territory of Perm region and the characteristic of soil of platforms is provided. Results of supervision over rainfall on a platform in the Kamsky valley are described. The technique of carrying out the accelerated test the starfunny of soil offered by A.L. Nevzorov and A.V. Nikitin (Arkhangelsk) is described. One of construction problems on the starfunny territories is the device of embankments for a construction of roads and streets therefore in article possibility of use of geosynthetic materials for stabilization of embankments is analysed.

**Keywords:** peat, peaty soil, soft soil, consolidation, settling, compression curve, acceleration tests.

На территории г. Перми можно выделить несколько видов опасных инженерно-геологических процессов. К ним относятся подтопление, заболачивание, суффозионные и оползневые процессы, овражность. На территории Пермского края основной проблемой является закарстованность территорий Прикамья. Кроме этого, наблюдается еще одна сложная ситуация. Долины рек Перми и Пермского края зачастую сложены слабыми грунтами – торфами и заторфованными грунтами с различным содержанием органического вещества. Физико-механические свойства таких грунтов крайне нестабильны, что отражается на способах возведения на них сооружений и последующей эксплуатации объекта.

Грунтом называется часть грунтового массива, однородная по составу, строению и свойствам. Заторфованным грунтам свойственно иметь в своем составе от 3 до 50 % торфа по массе (ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация). В общем случае заторфованные грунты относятся к слабым, их структура и свойства способны изменяться на протяжении долгого времени, соизмеримого с длительностью эксплуатации объекта, возведенного на указанных грунтах. Если в грунтах встречаются линзы такого рода, то данные участки могут быть подвержены неравномерным осадкам, а значит, и разрушению объекта. Их осадка зависит от влажности, состава, консистенции, степени разложения, мощности, длительности и характера нагрузки, как отмечает М.П. Лысенко [1].

Исследованиями, затрагивающими вопросы сжимаемости торфяных грунтов, занимались Л.Н. Амарян [2], В.Н. Бронин, А.С. Королев, П.А. Коновалов [3], В.И. Каминский. Вместе с этим работы проводились Н.П. Коваленко [4], Д.Д. Козьминым [5], А.Л. Невзоровым [6] и др. при полевых исследованиях в г. Архангельске, на 70 % территории которого залегают торфы.

Сам торф состоит из твердой фазы, жидкости и газов и содержит от 50 % и более органических соединений, по отношению к абсолютно сухой массе. Органические вещества и минералы заключены в твердой фазе, а вследствие того что вода в таких грунтах занимает большую часть, плотность его в водонасыщенном состоянии в среднем составляет  $1,02\text{--}1,20\text{ г/см}^3$ . В зависимости от условий образования, свойств и ботанического состава торф делят на три типа [1]: верховой, переходный и низинный. Верховой чаще используется как топливо при

степени разложения более 20 %, а также как изоляционный материал, субстрат. Переходные торфы также используют как топливо и удобрения, как и низинный. Все они различаются по составу органических веществ. По степени разложения и относительному содержанию органического вещества торф разделяют согласно табл. 1, 2 (ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация).

Таблица 1

Разновидности торфа по степени разложения

№ п/п	Разновидность торфа	Степень разложения $D_{др}$ , %
1	Слаборазложившийся	$\leq 20$ %
2	Среднеразложившийся	20–45 %
3	Сильноразложившийся	$\geq 45$ %

Таблица 2

Классификация грунта по относительному содержанию органического вещества

Грунт	Относительное содержание органического вещества, $I_r$ , д.е.	
	пески	глинистые грунты
С примесью торфа	0,03–0,10	0,05–0,10
Слабозаторфованный	0,1–0,25	
Среднезаторфованный	0,25–0,4	
Сильнозаторфованный	0,4–0,5	
Торф	$\geq 0,5$	

Одна из главных особенностей заторфованных грунтов – их нестабильные деформационные характеристики. Такие грунты сжимаются довольно сильно и неравномерно, после сжатия грунта стабилизация практически не возникает, т.е. изначальное состояние перед сжатием не может быть достигнуто. Л.С. Амарян [2], проводя исследования этих грунтов, заключил, что торфу дополнительно присущи низкая плотность и избыточная влажность – в естественном состоянии она достигает 80–95 %. В торфообразовании большую роль играет появление гумуса, определяющее степень разложения грунта и влияющее на его характеристики. С увеличением гумификации повышается и плотность торфа, а значит, он будет иметь меньше возможности впитать воду. С повышением степени разложения торфа уменьшается его влажность и плотность.

Проблему заторфованных территорий и устройства на них сооружений рассматривали на основе участков Камской долины М.Ш. Димухаметов и Д.М. Димухаметов. В своей работе [7], посвященной изучению физико-механических свойств заторфованных грунтов, они стремятся обосновать мощность присыпки из песчано-гравийной смеси.

Плотность всех видов торфов Камской долины при естественной структурности и влажности колеблется от 1,02 до 1,09 г/см<sup>3</sup> при нормативном показателе 1,03–1,07 г/см<sup>3</sup>.

Основным фактором при исследовании таких вопросов является изменение свойств торфа во времени. Была установлена зависимость характера компрессионных кривых от степени нагрузки и уплотнения (рис. 1).

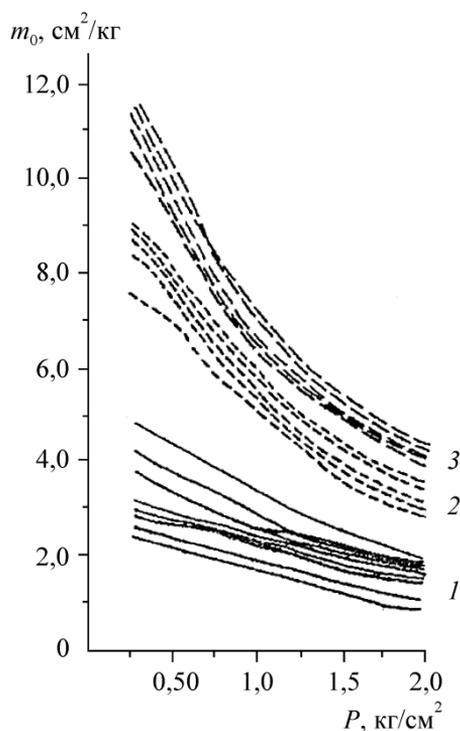


Рис. 1. Зависимость коэффициента сжимаемости  $m_0$  от степени нагрузки  $P$  для торфа: 1 – лесотопяного; 2 – лесного; 3 – топяного

Также были исследованы [7] механические характеристики залегающих торфов в районе Камской долины (табл. 3). Они оказались сравнительно высокими по торфам на северном и южном участке и низкими – на юго-западном. По полученным данным был сделан вы-

вод, что северный, центральный и южный участки торфяной залежи могут быть задействованы в мелиорационных работах, что нельзя сказать о юго-западном.

Таблица 3

Показатели удельного сопротивления сдвигу  $\tau$  и пенетрации  $\sigma$  различных видов торфов на участках

Участок	Вид торфа	Удельное сопротивление сдвигу $\tau$ , кг/см <sup>2</sup>	Удельное сопротивление пенетрации $\sigma$ , кг/см <sup>2</sup>
Северный и Южный	Лесной	0,17–0,33	0,18–0,33
		0,23	0,24
Северный	Лесной	0,09–0,26	0,13–0,52
		0,14	0,30
Центральный	Лесо-топяной	0,08–0,27	0,11–0,53
		0,16	0,32
Южный	Лесо-топяной	0,17–0,26	0,22–0,45
		0,22	0,32
Центральный	Топяной	0,05–0,20	0,12–0,42
		0,10	0,25
Северный	Топяной	0,06–0,20	0,14–0,41
		0,10	0,21
Юго-западный	Топяной	0,04–0,09	0,11–0,30
		0,04	0,22

В микрорайоне Камская долина был возведен при сложных инженерно-геологических условиях на заторфованных грунтах Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии на ул. Маршала Жукова, 35<sup>1</sup>.

С целью расчленения разреза и уточнения морфологии геологических границ рыхлых грунтов верхней части разреза ООО «Пермгеорадар» была проведена георадиолокационная съемка на площадке проектируемого здания в Камской долине. Работы проводились георадаром «ОКО-2». В работе использовалась экранированная антенна АБ-150.

Антенна АБ-150 с рабочей частотой 150 МГц позволила достоверно проследить данный разрез на глубину до 20 м. Разрешающая способность антенны составляет в среднем 0,3–0,5 м, увеличиваясь с глубиной. При съемке были приняты следующие параметры зонди-

<sup>1</sup> Отчет об инженерно-геологических и гидрологических изысканиях на объекте: «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии в м/р «Камская долина» по ул. Маршала Жукова, 35 г. Пермь».

рования: при постоянной базе антенны 980 мм шаг по профилю был установлен 100 мм, развертка по глубине – 800 нс, число накоплений сигнала – 8, коэффициент усиления – 100.

Мощность торфяной залежи возрастает к югу от 1–3 м до 4,5 м. Торфяная залежь представлена в основном лесо-топяным видом, местами (вблизи песчаной косы) до глубины 0,5–1,5 м встречается лесной торф, а на наиболее пониженных участках торфяной залежи, с глубины 1,5–3,0 м – топяной торф.

Согласно лабораторным результатам испытания торфов, глин заторфованных коэффициент консолидации колеблется от 0,0183 до 0,383 см<sup>2</sup>/с, в среднем составляет 0,176 см<sup>2</sup>/с, коэффициент фильтрации колеблется от  $1,90 \cdot 10^{-5}$  до  $3,44 \cdot 10^{-4}$  см/с, в среднем составляет  $1,40 \cdot 10^{-4}$  см/с.

Согласно фондовым данным значения прочностных характеристик для торфа, полученные путем статической пенетрации и испытания торфов крыльчаткой, составили: удельное сопротивление пенетрации  $P = 0,132 \dots 0,338$  кг с/см<sup>2</sup>, удельное сопротивление сдвигу  $\tau = 0,056 \dots 0,260$  кг с/см<sup>2</sup>.

На участке работ отмечено присутствие насыпных (намывных грунтов) и биогенных грунтов – торфов, суглинков заторфованных и глин заторфованных. Торф черный, коричневаточерный, темносерый, сизый от слабо- до сильноразложившегося насыщен водой, влажный, местами с линзами глины заторфованной, песка заторфованного, суглинка заторфованного. Распространен повсеместно под насыпными грунтами и суглинками заторфованными на глубинах 1,7–3,7 м, мощностью 0,4–3,8 м

Следует отметить, что после проведения гидронамыва в 1976 г. свойства биогенных грунтов, в частности торфа, претерпели существенное изменение – он уплотнился, вследствие чего существенно уменьшился коэффициент фильтрации (более чем в 10 раз). Так, в 1977 г. он составлял 0,153 м/сут, а в настоящее время (2008 г.) составляет в среднем 0,06 м/сут.

В ходе многолетних работ в Камской долине установлено, что по мере уплотнения пористость и фильтрационная способность торфа уменьшаются. Затухание осадок у всех торфов идет медленно. Торф неоднороден по своей структуре, поэтому наблюдается значительный разброс значений модуля деформации, в нашем случае с водонасыщением, 0,55–1,38 МПа, в естественном состоянии – 0,50–0,63 МПа.

Научными методами установлено (М.Ш. Димухаметов, 1995 г.), что максимальное уплотнение торфа происходит при нагрузке до  $1,0 \text{ кг/см}^2$ . Поскольку существующие отметки территории Камской долины находятся в зоне подтопления, основным фактором, определяющим толщину пригрузочного слоя, может служить условие ее незатопляемости. Для этой цели и были выполнены работы по гидронамыву. Выявлена зависимость показателя мощности слоя намывного грунта на осадку торфа в соответствии с глубиной его залегания – происходит замедление нарастания осадок у торфа при 4-метровой толще песчано-гравийной смеси.

Многолетние наблюдения (при помощи изысканий), с 1976 года по настоящее время, за осадкой торфяной залежи показали, что гидронамыв песчано-гравийной смеси привел к улучшению физико-механических свойств торфов, а именно:

- уменьшению влажности (было – 5,25 д.ед., стало – 3,70 д.ед.);
- пористости (было – 90,31 %, стало – 90,35 %) и ее коэффициента (было – 9,52 д.ед., стало – 9,14 д.ед.);
- увеличению плотности скелета (было –  $0,12 \text{ г/см}^3$ , стало –  $0,21 \text{ г/см}^3$ );
- степени разложения (было – 39,23 %, стало – 38,6 %).

На исследуемой площадке мощности торфяной залежи изменяются: 1,0–2,0 м – в северной части, 2,0–4,0 м – в южной.

В целом с учетом прилегающей к исследуемой площадке территории можно проследить тенденцию возрастания мощности торфяников к югу (от 2,0 до 4,5 м), тогда как в северной части мощность торфа составляет от 0,0 до 2,0 м.

Опыт строительства в Камской долине: 9-этажного дома, ТЭЦ, хозяйственно-бытового корпуса, автозаправочной станции, кафе – показывает, что на всех перечисленных объектах применялся свайный тип фундамента, длина сваи до 9,0 м, с опиранием на пески с большим содержанием гравия.

Я.В. Айзель и Д.М. Димухаметов также исследовали такой вопрос, как районирование территорий, сложенных слабыми грунтами [8]. Данное исследование было предназначено для дальнейшего возведения линейных сооружений. На основании этого был проведен расчет характеристик осадок, времени консолидации. Для развития слабых грунтов необходимо улучшение строительных свойств участков. Не-

обычные условия приводят к осуществлению технической мелиорации, которая может способствовать возведению сооружений различного вида.

Методы подготовки данных территорий под застройку включают в себя: уплотнение и нагружение торфов, замену или полное удаление слабого грунта, осушение торфяных залежей, мелиорацию и комбинированный способ подготовки. При этом для каждого объекта необходимо тщательно выбирать метод, опираясь на инженерно-геологическое районирование.

В данной работе был рассмотрен участок на территории Березников, сформированный болотами и лессами. На нем был обнаружен слой слабых грунтов мощностью до 6,3 м. По расчетам установлено, что слои торфа 0,5 м достигают консолидации в 90 % уже за 1 мес., в то время как мощность торфяных залежей 6,5 м дает срок в 9 лет.

В итоге было произведено районирование территорий и разделение ее на таксоны по схожим значимым свойствам и признакам. Установлены время консолидации для определенной толщины слабого грунта и необходимые мощности намывного слоя. При этом нельзя выделить какую-то одну методику для разработки мер по снятию нагрузки с торфа, чаще всего необходим комплексный подход. Например, одним из часто применяемых методов является следующий (ГОСТ 12248–2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости): пригружение насыпью с параллельным устройством дренажа, выторфовывание верхней части и дальнейшее пригружение его с учетом рассчитанных осадок.

Согласно нормативным документам эксперименты по испытаниям грунтов могут проводиться как в полевых условиях – с использованием пенетрометра (для измерения сопротивления грунта по конусу) и крыльчатки (для определения удельного сцепления и сопротивления сдвигу), так и в лабораторных – компрессионным методом. Нагружение испытуемого образца проводят равномерно, без ударов, ступенями нагрузки. Первая ступень нагружения зависит от величины коэффициента пористости, для заторфованных грунтов это значение будет составлять 12,5 кПа, последующие ступени нагрузки принимаются равными 25, 50, 100 кПа и далее с интервалом 0,1 МПа до заданного значения нагрузки – диапазон значений определяется в программе испытаний или в пределах полуторного значения проектного давления на грунт.

На каждой ступени нагружения снимаются показатели в самом начале приложения нагрузки, далее через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30 мин и далее с интервалом в 1 ч в течение рабочего дня, после – в начале и конце дня до достижения условной стабилизации. Условная стабилизация достигается при скорости деформации, не превышающей 0,01 мм за последние 24 ч наблюдений за органоминеральными и органическими грунтами.

В свою очередь исследователи из Архангельского государственного технического университета А.Л. Невзоров и А.В. Никитин разработали новую методику проведения испытаний торфа [9]. Компрессионная нагрузка в их методе прикладывается в один прием с выдержкой 5–7 сут. Компрессионные испытания проводятся по нормативам ГОСТов и СНиПов, где указаны основные требования к образцам, в которые входят соотношения диаметр – высота образца, порядок приложения нагрузки и значение самой нагрузки. Столь же важной характеристикой является условная скорость стабилизации деформаций.

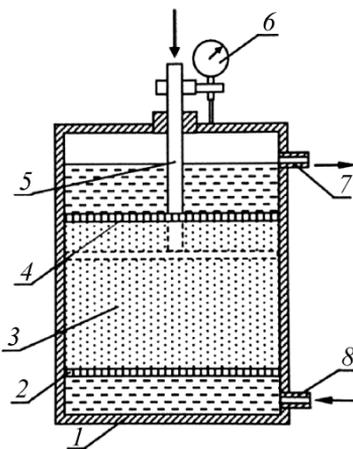


Рис. 2. Схема компрессионно-фильтрационного прибора Д.Д. Козьмина: 1 – корпус; 2 – перфорированное днище; 3 – грунт; 4 – перфорированный поршень; 5 – шток; 6 – индикатор часового типа; 7 – штуцер для отвода воды; 8 – штуцер для подачи воды

Как было отмечено в статье, В.Н. Бронин обнаружил, что деформации торфа не стабилизируются спустя 5 лет после нагружения образцов. Данная методика [9] позволила сократить продолжительность испытаний торфа на компрессию.

Испытания проводились в условиях полного водонасыщения на приборе конструкции Д.Д. Козьмина (рис. 2), позволяющем определять водопроницаемость. Площадь поперечного сечения образцов составляет  $60 \text{ см}^2$ , высота – 3, 5, 7 см.

Прибор конструкции А.Л. Невзорова – И.В. Тельминова (рис. 3) позволяет определять фильтрацию торфа в двух направлениях – вертикальном и горизонтальном.

После проведения эксперимента для описания уравнений характера развития деформаций был использован метод, заключающийся в корреляционно-регрессионном анализе. Аппроксимация проводилась

с помощью разных зависимостей; степенная и логарифмическая показали наибольшую точность по отношению к экспоненциальной, в связи с чем первые две были приняты для описания зависимости осадки от времени.

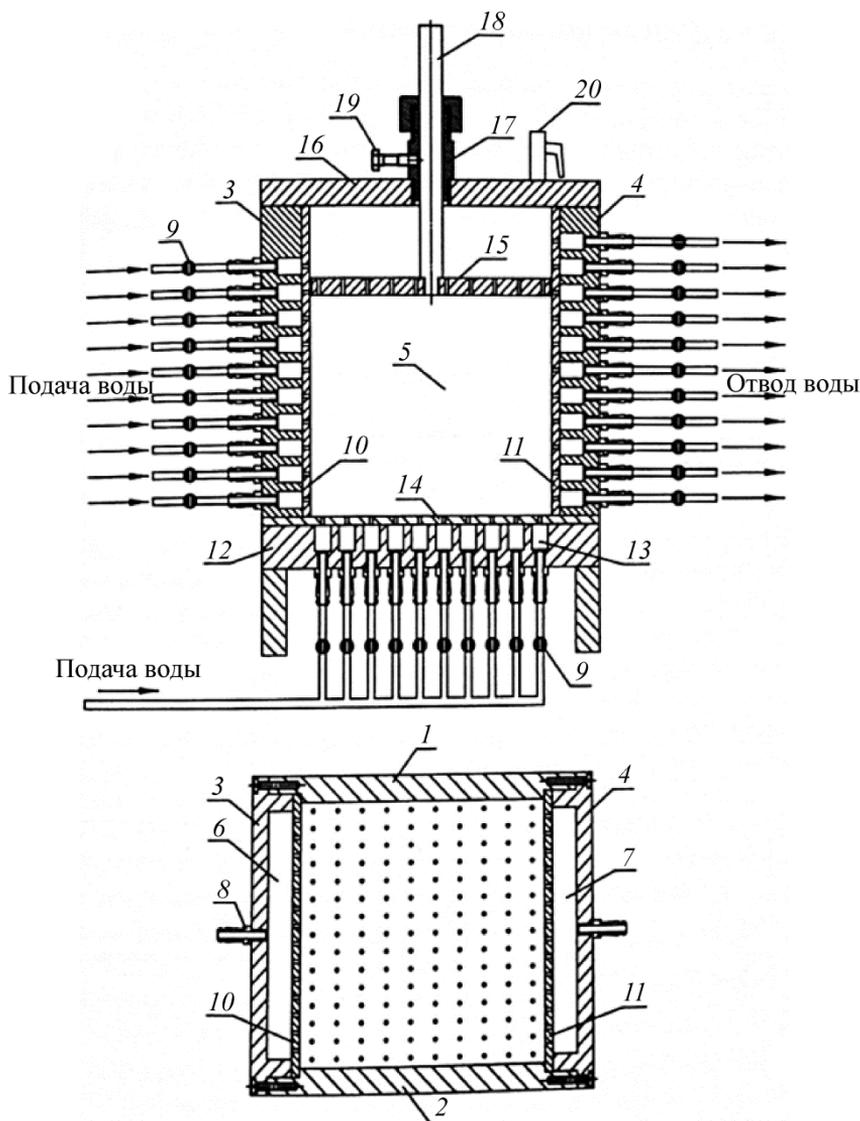


Рис. 3. Схема прибора конструкции А.Л. Невзорова – И.В. Тельминова

По завершении эксперимента была проведена обработка данных, показывающая, что экстраполяция полученных результатов при завершении опытов спустя 5–7 дней при скорости осадки в 0,04–0,08 мм

практически совпадает с деформациями, полученными при испытаниях, проводимых до условной стабилизации по ГОСТу, – 0,01 мм/сут. Экстраполируя результаты по ускоренной методике, установили, что погрешность между двумя способами составляет всего 0,5–3 %.

На основании данных экспериментов сделаны следующие выводы: необходимо проводить испытания на 18–24 образцах, приложение нагрузки следует осуществлять в одну ступень, на каждые 6 образцов – с показателями 12,5; 25, 50 и 100 кПа. Опыты следует завершать предварительно, рассчитывая дальнейшие осадки экстраполяцией.

Как было сказано ранее, в испытаниях были задействованы образцы разной высоты. Табл. 4 показывает, что испытания на одностороннее дренирование заканчиваются раньше – продолжительность опытов составляет на 27–36 % меньше, чем на аналогичном опыте при двустороннем. Такое явление объясняется более медленным нарастанием деформаций [12].

Таблица 4

Время достижения условной стабилизации при скорости деформаций  $v_{st} = 0,01$  мм/сут

Высота образца	Значения $t_{st}$ , сут, при давлении, кПа			
	12,5	25	50	100
Одностороннее дренирование				
7	18	21	25	29
5	16	19	21	24
3	12	15	18	21
Двустороннее дренирование				
7	28	30	35	37
5	25	27	30	33
3	20	23	25	28

В пособии по проектированию земляного полотна автодорог на слабых грунтах<sup>2</sup> отмечается, что односторонним называется такое дренирование, при котором наблюдается наличие недренирующих подстилающих грунтов, в противном случае – двусторонним. Возможен третий случай, когда при наличии в пределах толщи недренирующих прослоек дренирование будет считаться сложным. К недренирующим относятся глинистые грунты, к дренирующим – скальные

<sup>2</sup> Пособие по проектированию земляного полотна автодорог на слабых грунтах. Приложение к СНиП 2.05.02–85. М.: Стройиздат, 1989.

и крупнообломочные породы, гравелистые пески, крупные и средней крупности. Для создания необходимых условий при устройстве сооружений на слабых грунтах возможно предусмотреть прокладку геосинтетическими материалами – геомембранами, при условии, что нижележащие слои могут слагаться дренирующими грунтами. Геомембраны используются в строительстве для гидроизоляции, в данном случае может быть эффективно применение полиэтилена высокого давления (ПВД), если это будет экономически целесообразно. ПВД высокоэластичен, что означает простоту монтажа данного вида геосинтетика. При растяжении ПВД эластичность будет только повышать прочность на разрыв.

Таким образом, можно сделать вывод, что в связи с разнообразием различных типов заторфованных грунтов очень сложно дать единые рекомендации по устройству фундамента и, в дальнейшем, сооружения на таких основаниях. Чаще всего необходимо индивидуальное проектирование, а также сравнение вариантов по технико-экономическим показателям. Крайне нестабильные характеристики слабых грунтов необходимо учитывать на всех этапах разработки проекта, а также во время эксплуатации возведенного сооружения, длительная осадка может вызвать серьезные катастрофы, которых можно избежать, заблаговременно изучив все методы возведения сооружения в сложных инженерно-геологических условиях. На основании этого вывода в дальнейшем планируется провести исследования по устройству сооружений, в частности, насыпей на слабых основаниях, рассмотреть различные виды определения свойств грунтов и сравнить методы по итогам моделирования сложных ситуаций.

### **Библиографический список**

1. Лысенко М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов. – М.: Недра, 1980. – 272 с.
2. Амарян Л.С. Свойства слабых грунтов и методы их изучения. – М.: Недра, 1990. – 222 с.
3. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. – М.: ВНИИГТИ, 2000. – 318 с.
4. Коваленко Н.П., Стельмах З.С., Румянцева В.И. Технология устройства инженерных коммуникаций на заторфованных территориях. – Архангельск, 1971. – 38 с.

5. Козмин Д.Д. Оценка деформаций ползучести оснований, сложенных торфяными грунтами, под откосами насыпей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л.: ЛИСИ, 1986. – 21 с.

6. Невзоров А.Л., Никитин А.В., Заручевных А.В. Город на болоте: моногр. / Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. – 157 с.

7. Димухаметов М.Ш., Димухаметов Д.М. Физико-механические свойства заторфованных грунтов Камской долины г. Перми и их изменение в результате действия пригрузки // Вестник Пермского университета. Геология. – 2009. – Вып. 11 (37).

8. Айзель Я.В., Димухаметов Д.М. Районирование территорий, сложенных слабыми грунтами для строительства линейных сооружений // Вестник Пермского университета. Геология. – 2013. – Вып. 4 (21).

9. Невзоров А.Л., Никитин А.В. Совершенствование методики проведения компрессионных испытаний торфа. [Электронный ресурс]. – URL: [www.georec.spb.ru/journals/08/files/pdf/0508016.pdf](http://www.georec.spb.ru/journals/08/files/pdf/0508016.pdf)

### References

1. Lysenko M.P. Sostav i fiziko-mehaniicheskie svoistva gruntov [Composition and physico-mechanical properties of soils]. Moscow: Nedra, 1980. 272 p.

2. Amarian L.S. Svoistva slabykh gruntov i metody ih izucheniia [Properties of weak soils and methods of their study]. Moscow: Nedra, 1990. 222 p.

3. Konovalov P.A. Osnovaniia i fundamenty rekonstruiemykh zdanii [Bases and foundations of the reconstructed buildings]. M.: VNIINTPI, 2000. 318 p.

4. Kovalenko N.P., Stel'makh Z.S., Rumiantseva V.I. Tekhnologiya ustroistva inzhenernykh kommunikatsii na zatorfovannykh territoriiakh [The technology of the device of engineering communications on peated territories]. Arhangel'sk, 1971. 38 p.

5. Kozmin D.D. Otsenka deformatsii polzuchesti osnovanii, slozhennykh torfianymi gruntami, pod otkosami nasypei [Evaluation of creep bases composed of peat soils under the slope of mounds]. Leningrad: LISI, 1986. 21 p.

6. Nevzorov A.L., Nikitin A.V., Zaruchevnykh A.V. Gorod na bolote [City on a swamp]: Arhangel'sk: Severnyi (Arkticheskii) federal'nyi universitet im. M.V. Lomonosova, 2012. 157 p.

7. Dimukhametov M.Sh., Dimukhametov D.M. Fiziko-mehaniicheskie svoistva zatorfovannykh gruntov Kamskoi doliny goroda Permi i ikh izmenenie v rezul'tate deistviia prigruzki [Physical and mathematical properties of the peaty soil Kama Valley city of Perm and change as a result of strain]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, 2009, vol. 11 (37).

8. Aizel' Ia.V., Dimukhametov D.M. Raionirovanie territorii, slozhennykh slabymi gruntami dlia stroitel'stva lineinykh sooruzhenii [The zoning composed of weak soils for the construction of linear structures]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, 2013, vol. 4 (21).

9. Nevzorov A.L., Nikitin A.V. Sovershenstvovanie metodiki provedeniia kompressionnykh ispytaniy torfa [Improvement of the methods of compression testing of peat], available at: [www.georec.spb.ru/journals/08/files/pdf/0508016.pdf](http://www.georec.spb.ru/journals/08/files/pdf/0508016.pdf).

Получено 22.09.2015

### Об авторах

**Лавриков Михаил Николаевич** (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Строительное производство и геотехника» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: [spstf@pstu.ru](mailto:spstf@pstu.ru)).

**Шутова Ольга Александровна** (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры «Строительное производство и геотехника» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: [spstf@pstu.ru](mailto:spstf@pstu.ru)).

### About the authors

**Mikhail N. Lavrikov** (Perm, Russian Federation) – Master student, Department of Building Production and Geotechnics, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: [spstf@pstu.ru](mailto:spstf@pstu.ru)).

**Olga A. Shutova** (Perm, Russian Federation) – Senior Lecturer, Department of Building Production and Geotechnics, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: [spstf@pstu.ru](mailto:spstf@pstu.ru)).