



Источник фото: pixabay.com
Photo source: pixabay.com

ВЛИЯНИЕ СВАЛОЧНОГО ФИЛЬТРАТА НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИССЛЕДОВАННОГО ГРУНТА

НТА С.А.

Преподаватель кафедры инженерных основ сельского хозяйства инженерного факультета Государственного университета штата Аква-Ибом, доктор наук, г. Икот Акпаден, шт. Аква-Ибом, Нигерия
samuelnta@aksu.edu.ng

АЙОТАМУНО И.

Профессор факультета инженерных основ сельского хозяйства и охраны окружающей среды Государственного университета наук и технологий штата Риверс, доктор наук, г. Порт-Харкорт, Нигерия
ayotamuno.josiah@ust.edu.ng

УДОМ И.Дж.

Заведующий кафедрой инженерных основ сельского хозяйства инженерного факультета Государственного университета штата Аква-Ибом, доктор наук, г. Икот Акпаден, шт. Аква-Ибом, Нигерия
ikpeudom@aksu.edu.ng

АННОТАЦИЯ

Представляем вниманию читателей адаптированный и немного сокращенный перевод статьи «Влияние свалочного фильтрата на инженерно-геологические свойства исследованного грунта» [1], которая не так давно была опубликована на английском языке издательством WASET в международном журнале *Geological and Environmental Engineering*. Авторами указанной работы являются Сэмюэл Акпан Нта, Иосия Айотамуно и Икпе Джимми Удом из Государственного университета штата Аква-Ибом и Государственного университета наук и технологий штата Риверс (Нигерия). Эта статья находится в открытом доступе (онлайн) по лицензии CC-BY-4.0, которая позволяет ее копировать, переводить, адаптировать, переделывать и использовать для любых целей, даже коммерческих, при условии указания типов изменений и ссылки на первоисточник. В нашем случае полная ссылка на первоисточник [1] приведена в начале списка литературы (источники [2–8] из этого списка были использованы авторами переведенной работы).

В статье представлены результаты лабораторного анализа влияния свалочного фильтрата на инженерно-геологические свойства кислого суглинка, образцы которого были отобраны с глубины 0,9 м. Использованный для лабораторных исследований свалочный фильтрат был собран из шурфа, выкопанного в нескольких метрах от полигона твердых бытовых отходов, после чего был проанализирован его состав. Исследуемый суглинок помещали в специальную лабораторную установку и условно точно вводили в него свалочный фильтрат. Через 50 дней после окончания введения фильтрата и через 80 дней после начала эксперимента отбирали образцы загрязненного грунта на радиальном расстоянии 0,25 и 0,50 м и с глубины 0,15; 0,30; 0,45 и 0,60 м от точки внесения фильтрата.

Были рассмотрены такие физико-механические свойства образцов, как гранулометрический состав, плотность, оптимальная влажность, максимальная плотность в сухом состоянии, предел прочности на одноосное сжатие, предел текучести, предел пластичности и предел

усадки. Концентрации различных химических веществ на радиальных расстояниях 0,25 и 0,50 м и на глубинах 0,15; 0,30; 0,45 и 0,6 м от точки внесения фильтрата были разными.

Было установлено наличие влияния свалочного фильтрата на инженерно-геологические свойства грунта. Было также указано, что тип грунта, химический состав свалочного фильтрата, скорость его просачивания, водоносные горизонты, уровни подземных вод и т. д. должны играть важную роль в зоне воздействия загрязняющих веществ, присутствующих на свалке.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

инженерные-геологические свойства грунта; свалочный фильтрат; полигон твердых бытовых отходов.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Нта С.А., Айотамуно И., Удом И.Дж. Влияние свалочного фильтрата на инженерно-геологические свойства исследованного грунта (пер. с англ.) // Геоинфо. 2023. № 3 С. 16–23 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-3-16-23

EFFECT OF LANDFILL LEACHATE ON ENGINEERING PROPERTIES OF TEST SOIL

SAMUEL A. NTA

PhD, Lecturer, Agricultural Engineering
Department, Akwa Ibom State University,
Ikot Akpaden, Nigeria
samuelnta@aksu.edu.ng

JOSIAH AYOTAMUNO

PhD, Professor, Department of
Agricultural and Environmental
Engineering, Rivers State University of
Science and Technology, Port Harcourt,
Nigeria
ayotamuno.josiah@ust.edu.ng

IKPE JIMMY UDOM

PhD, Head, Department of Agricultural
Engineering, Akwa Ibom State University,
Ikot Akpaden, Nigeria
ikpeudom@aksu.edu.ng

ABSTRACT

We present to the attention of the readers an adapted and slightly abridged translation of the paper "Effect of landfill leachate on engineering properties of test soil" [1], which was recently published in English in the International Journal of Geological and Environmental Engineering by the WASET publisher. The authors of this paper are Samuel Akpan Nta, Josiah Ayotamuno, and Ikpe Jimmy Udom from the Akwa Ibom State University and from the Rivers State University of Science and Technology (Nigeria). This article is in the open access (online) under the CC-BY-4.0 license, which allows it to be copied, translated, adapted, modified and used for any purpose (even commercial one) provided that the types of changes are noted and the original source is referred to. In our case, the reference to the original paper [1] is given at the beginning of the list of references (sources [2–8] from that list were used by the authors of the translated paper).

The article presents results of laboratory studies of the effects of landfill leachate on the engineering properties of the tested soil. The used soil was sandy loam that was acidic in its nature. It was collected at a depth of 0.9 m. The landfill leachate used for the laboratory studies was collected from a hole dug some meters away from a municipal solid waste landfill. Then its composition was analyzed.

The studied sandy loam was placed in a special laboratory installation. And the landfill leachate was introduced (conditionally pointwise) into this soil. Then, 50 days since the leachate application end and after 80 days since the start of the laboratory experiment, samples of the polluted soil were collected at radial distances of 0.25 and 0.50 m and at depths of 0.15, 0.30, 0.45, and 0.60 m from the application point of the landfill leachate.

Such physical and mechanical properties of the samples as particle size distribution, density, optimum moisture content, maximum dry density, unconfined compressive strength, liquid limit, plastic limit and shrinkage limit were determined. The concentrations of various chemicals at radial distances of 0.25 and 0.50 m and at depths of 0.15; 0.30; 0.45, and 0.6 m from the application point of the leachate were different.

It was founded the presence of effects of landfill leachate on the engineering properties of the tested soil. It was noted that the type of soil, chemical composition of the leachate, infiltration rate, aquifers, ground water table, etc. will have a major role in the influence zone of the pollutants from a landfill.

KEYWORDS:**soil engineering properties; landfill leachate; municipal solid waste landfill.****FOR CITATION:****Nta S.A., Ayotamuno M.J., Udom I.J. Vliyaniye svalochnogo fil'trata na inzhenerno-geologicheskiye svoystva issledovannogo grunta (per. s angl.) [Effect of landfill leachate on engineering properties of test soil (translation from English)]. *Geoinfo*. 2023. 3: 16–23 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-3-16-23 (in Rus.).****ВВЕДЕНИЕ** ▶

Твердые бытовые отходы состоят из мусора, который образуется в результате жизнедеятельности человека в жилых, торговых и административных зданиях, а также в местах проведения общественных и культурных мероприятий. Существует ошибочное мнение о том, что твердые бытовые отходы достаточно безопасны и не наносят вреда окружающей среде. Самым распространенным способом избавления от таких отходов во многих странах считается их сброс или захоронение на специальных полигонах. Из жидкостей, присутствующих в отходах, или из дождевой воды, просачивающейся сквозь их толщу, образуются фильтраты, представляющие собой растворы водорастворимых соединений из мусора, которые накапливаются по мере движения воды через мусор к грунту.

Загрязняющие вещества, присутствующие в свалочных фильтратах, могут быть разделены на опасные, обычные и нестандартные. Тот или иной материал не может быть отнесен к опасным отходам до тех пор, пока его фильтрат не будет содержать то или иное химическое вещество в концентрациях, по крайней мере в 100 раз превышающих его стандартную концентрацию для питьевой воды [2]. Растворы обычных загрязняющих веществ могут характеризоваться такими параметрами, как общее количество растворенных веществ, жесткость, щелочность и др. Нестандартные загрязнители – это в основном органические химические вещества, которые имеют большое значение для общественного здравоохранения и пользователей подземных вод. Литературные данные указывают на то, что в среднем 95% органических материалов в свалочных фильтратах имеют неизвестный состав и их возможное воздействие на окружающую среду не определено [3].

Риски образования свалочных фильтратов могут быть снижены за счет правильно спроектированных и оборудованных полигонов твердых бытовых отходов, например при выборе для них участков, сложенных водонепроницае-

мыми грунтами, или при использовании искусственных водонепроницаемых покрытий поверхности земли (водонепроницаемых геомембран, специально обработанной глины или др.). Гидроизоляция полигона должна функционировать должным образом – чтобы предотвратить просачивание свалочного фильтрата через его дно и загрязнение грунтовых вод. Но в большинстве случаев гидроизоляционные материалы, к сожалению, вряд ли будут надежно работать, что приведет к попаданию свалочного фильтрата в грунты под полигоном и к их возможному загрязнению.

Данное исследование направлено на выявление отдельных загрязняющих веществ и на определение их влияния на инженерно-геологические свойства протестированных грунтов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ▶**Грунт** ▶

Анализ верхних слоев инженерно-геологического разреза необходим для понимания взаимодействия грунта с другими компонентами окружающей среды и путей проникновения в него (или выделения из него) загрязняющих веществ [4].

Использованный для исследований исходный незагрязненный грунт представлял собой суглинок, кислый по своей природе. Он был взят с глубины 0,9 м. Были определены следующие инженерно-геологические свойства этого исходного грунта: гранулометрический состав, плотность, оптимальная влажность, максимальная плотность в сухом состоянии, предел прочности при одноосном сжатии, предел текучести, предел пластичности и предел усадки.

Свалочный фильтрат

Свалочный фильтрат, использованный в данном исследовании, был взят на Главном полигоне твердых бытовых отходов Уйо – столицы штата Аква-Ибом на юге Нигерии. Фильтрат был отобран из шурфа, выкопанного в нескольких метрах от свалки. Затем его доставили в лабораторию и хранили в холодильнике при температуре

плюс 4 °С до применения в эксперименте. Кроме того, были проанализированы его физико-химические параметры в соответствии со стандартами Американской ассоциации работников здравоохранения [5].

Оборудование и методика эксперимента ▶

Эксперимент проводился в лабораторных условиях в специально разработанной установке. Испытываемый грунт высушивали на воздухе в течение 28 дней и помещали в испытательный резервуар, в качестве которого использовался прямоугольный контейнер средней вместимости для сыпучих и жидких материалов (intermediate bulk container, IBC). Удельный вес уплотненного и неуплотненного грунта составлял 13,8 и 12,3 кН/м³ соответственно.

В центре резервуара в грунте устраивалась круглая ямка диаметром 60 мм и глубиной 50 мм для имитации полигона твердых бытовых отходов. В нее до глубины 50 мм была вставлена поливинилхлоридная (ПВХ) труба диаметром 60 мм и общей длиной 400 мм. В стенках нижнего 50-миллиметрового участка этой трубы, на котором она контактировала с грунтом, имелась перфорация. Из бака, установленного над контейнером, по указанной трубе в грунт с постоянной скоростью подавался свалочный фильтрат, общий объем которого составил 4,76 л. Благодаря перфорации он поступал в грунт равномерно. Скорость подачи была рассчитана так, чтобы за 50 дней была достигнута 50%-ная степень насыщения грунта фильтратом (рис. 1).

Следует отметить, что в начале эксперимента через контейнер с грунтом пропускали незагрязненную воду, чтобы обеспечить стационарные (установившиеся) условия, а уже только после этого начали подавать свалочный фильтрат. Это позволило установить надлежащие условия на входе в грунт, чтобы поддерживать постоянную скорость ввода фильтрата, которая составляла около 1,157×10⁻⁶ л/с. Загрязненные образцы грунта, отбирали на радиальных расстояниях от центральной точки

внесения свалочного фильтрата, равных 0,25 и 0,50 м, через 50 дней после окончания ввода фильтрата и через 80 дней от начала эксперимента.

Для взятия загрязненных образцов грунта с разной глубины на радиальных расстояниях от центральной точки внесения свалочного фильтрата, равных 0,25 и 0,50 м, вводилась трубка из ПВХ диаметром 14 мм и длиной 0,7 м. Через 50 дней после окончания ввода фильтрата и через 80 дней от начала эксперимента отобраны по восемь образцов с глубин 0,15; 0,30; 0,45 и 0,60 м от поверхности грунта на радиальных расстояниях 0,25 и 0,50 м от места ввода свалочного фильтрата. Далее были определены свойства этих проб.

Исследования образцов грунта ▶

Инженерно-геологические свойства взятых образцов грунта определялись в лаборатории в соответствии с действующими нормами, выработанными Бюро индийских стандартов (BIS) [6]. Были определены такие параметры, как гранулометрический состав, плотность, оптимальная влажность, максимальная плотность в сухом состоянии, предел прочности на одноосное сжатие, предел текучести, предел пластичности и предел усадки.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ ▶

Физические свойства и химический состав свалочного фильтрата ▶

Некоторые средние физико-химические показатели свалочного фильтрата, использованного в эксперименте, представлены в таблице 1.

Влияние свалочного фильтрата на инженерно-геологические свойства образцов грунта ▶

В таблицах 2 и 3 приведены полученные результаты для образцов, взятых через 50 дней с момента окончания внесения фильтрата и через 80 дней с начала эксперимента на радиальных расстояниях 0,25 и 0,50 м с глубин 0,15; 0,30; 0,45 и 0,60 м. Были выявлены небольшие различия между исходными свойствами грунта и свойствами образцов, взятых через указанные интервалы времени. Это может быть связано с влиянием химического состава свалочного фильтрата, использованного для эксперимента. Чтобы обобщить и наглядно показать влияние фильтрата на инженерно-геологические свойства ис-



Рис. 1. Лабораторная испытательная установка

Таблица 1. Некоторые средние физико-химические показатели свалочного фильтрата

Параметр		Значение
pH		8,51
ЕС, мСм/см*		4463
Содержание, мг/л	свинца	0,31
	кадмия	0,06
	никеля	0,35
	меди	8,67

* ЕС – электропроводность (удельная электрическая проводимость); мСм/см – миллизименс на сантиметр (мСм/см)

следованных образцов грунта, их изменения были представлены в графическом виде в зависимости от глубины залегания грунта.

Гранулометрический состав

На рисунке 2 показано, что образцы загрязненного грунта, отобранные через 50 дней, имеют большее процентное содержание глинистых частиц, чем соответствующие незагрязненные контрольные образцы. При увеличении срока «созревания», то есть в образцах, взятых через 80 дней, процентное содержание глинистых частиц уменьшается. Что касается пылеватых частиц, то через 50 дней в загрязненных образцах их меньше, чем в контрольном, за исключением образца с глубины 0,15 м и радиального расстояния 0,5 м, где было зафиксировано столько же пылеватых частиц, сколько и в контроле (5,4%). При

увеличении срока «созревания», то есть через 80 дней, процентное содержание пылеватых частиц увеличиваются с уменьшением глубины взятия образца.

Результаты этого исследования показывают, что доля глинистых частиц увеличивается из-за влияния химического состава свалочного фильтрата с рассмотренного полигона. Изменение размера частиц грунта можно объяснить химическим выветриванием (то есть превращением первичных минералов во вторичные материалы, которые функционируют как основные строительные блоки мелких частиц грунта; в результате могут быть синтезированы новые материалы).

Согласно работе [7] содержание глинистых частиц в сильнозагрязненных образцах грунта выше, чем в слабозагрязненных. При воздействии поллютантов содержащиеся в грунте органические и

Таблица 2. Результаты эксперимента через 50 дней (по [1])

Параметр	Радиальное расстояние от центральной точки внесения свалочного фильтрата в грунт, м								Контроль
	0,25				0,50				
Глубина, м	0,15	0,30	0,45	0,60	0,15	0,30	0,45	0,60	
Содерж. глинистых частиц, %	10,8	12,8	12,8	12,8	10,5	10,8	10,8	12,8	10,0
Содерж. пылеватых частиц, %	3,4	1,4	1,4	1,4	5,4	3,4	3,4	1,4	5,4
Плотность, г/см ³	2,4	2,6	2,8	2,8	2,5	2,7	2,7	2,9	3,2
Оптим. влажность, %	16	19	20	27	12	16	18	18	10
Макс. плотность в сухом состоянии, г/см ³	1,50	1,44	1,47	1,48	1,45	1,45	1,48	1,48	1,63
Предел прочности на одноосное сжатие, кПа	110	111	114	118	108	115	118	119	101
Предел текучести, %	35	36	38	39	34	35	39	30	32
Предел пластичности, %	15	15	14	14	14	15	16	15	13
Предел усадки, %	20	22	21	20	19	20	20	22	17

Таблица 3. Результаты эксперимента через 80 дней (по [1])

Параметр	Радиальное расстояние от центральной точки внесения свалочного фильтрата в грунт, м								Контроль
	0,25				0,50				
Глубина, м	0,15	0,30	0,45	0,60	0,15	0,30	0,45	0,60	
Содерж. глинистых частиц, %	6	5	7	6	5	6	7	7	10,0
Содерж. пылеватых частиц, %	13,8	13	9	13	12	11,5	9,2	10	5,4
Плотность, г/см ³	2,10	2,30	2,40	2,70	2,40	2,60	2,70	2,90	3,2
Оптим. влажность, %	10	14	16	20	15	16	16	19	10
Макс. плотность в сухом состоянии, г/см ³	1,62	1,51	1,54	1,50	1,57	1,54	1,56	1,59	1,63
Предел прочности на одноосное сжатие, кПа	128	135	140	160	129	130	145	150	101
Предел текучести, %	30	35	34	33	32	37	39	31	32
Предел пластичности, %	12	17	16	15	14	17	18	15	13
Предел усадки, %	19	24	18	20	17	20	21	23	17

неорганические сложные коллоидные частицы и растворимые соли растворяются, что приводит к ослаблению прочных связей между частицами грунта. Поэтому большая часть последних будет легко диспергироваться и содержание глинистых частиц в сильнозагрязненном грунте будет увеличиваться [8].

Плотность

Результаты определения плотности образцов исследуемого грунта, загрязненного свалочным фильтратом, в сопоставлении с соответствующими незагрязненными контрольными образцами представлены на рисунке 3. Из него видно, что разница между значениями

плотности образцов с разных глубин через 50 дней была несколько выше, чем через 80 дней. При этом значения плотности загрязненных образцов в целом были ниже таковых для незагрязненных контрольных образцов.

Характеристики, связанные с уплотненностью грунта

Результаты исследования характеристик, связанных с уплотненностью загрязненного грунта, представлены на рисунках 4 и 5.

Рисунок 4 показывает уменьшение максимальной плотности в сухом состоянии для загрязненных образцов, особенно через 50 дней, по сравнению

с контрольными незагрязненными. Через 80 дней этот параметр становится больше.

Рисунок 5 показывает, что оптимальная влажность загрязненных образцов растет с увеличением глубины (особенно на радиальном расстоянии 0,25 м через 50 дней) по сравнению с контрольными незагрязненными образцами. Это согласуется с результатами исследования гранулометрического состава, которые выявили большее процентное содержание более мелких частиц в загрязненных образцах (поскольку более мелкие частицы имеют большее сродство к воде и согласно известному правилу механики грунтов чем выше оптимальное

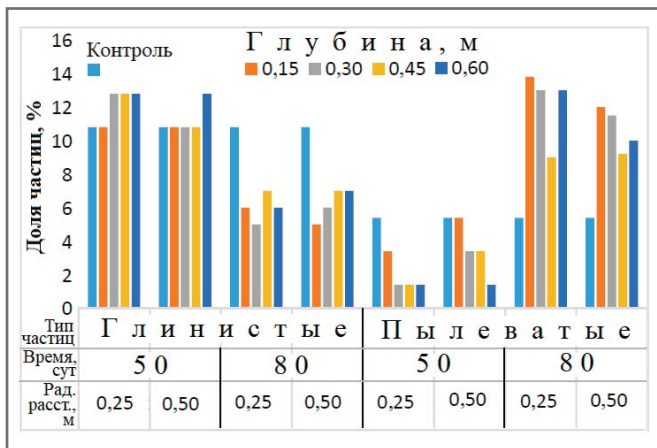


Рис. 2. Гранулометрический состав образцов грунта, взятых на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата и на разной глубине от поверхности, через 50 и 80 дней

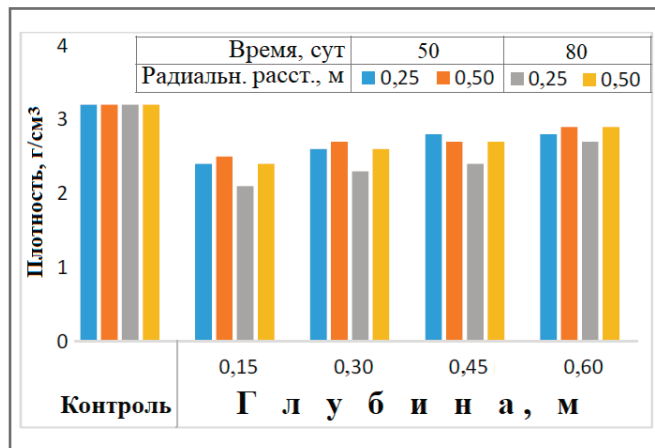


Рис. 3. Значения плотности образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

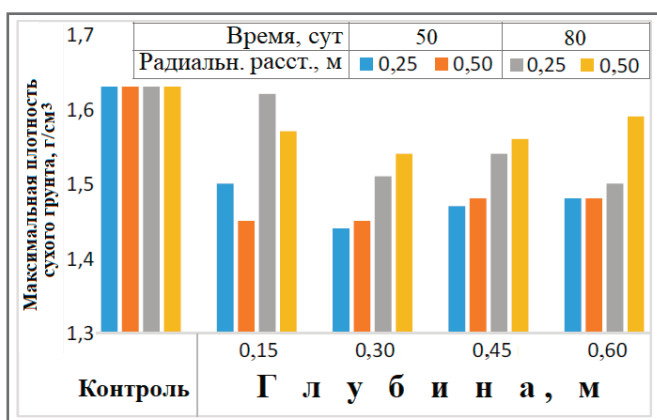


Рис. 4. Значения плотности высушенных образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

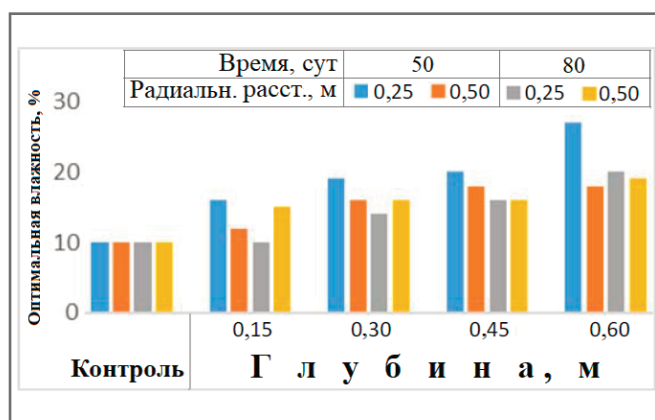


Рис. 5. Значения оптимального содержания влаги для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

содержание влаги, тем ниже максимальная плотность сухого грунта).

Предел прочности на одноосное сжатие

По сравнению с контрольными незагрязненными образцами грунта для загрязненных свалочным фильтратом образцов наблюдалось увеличение прочности на одноосное сжатие, особенно с глубиной их отбора (последнее может быть связано с изменением толщины диффузной части двойного электрического слоя с глубиной) (рис. 6). Также наблюдалась некоторая тенденция к увеличению прочности по мере «созревания» грунта, то есть для отобранного через 80 дней (по сравнению с отобраным через 50 дней).

Пределы Аттерберга

На рисунках 7–9 показаны изменения пределов Аттерберга для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном рас-

стоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней.

Воздействие свалочного фильтрата привело к увеличению влажности на границе текучести (предела текучести) загрязненных образцов грунта, отобраных через 50 дней, особенно на радиальном расстоянии 0,25 м и с глубиной (в целом). Но с увеличением срока «созревания» загрязненного грунта, то есть отобранного через 80 дней, предел текучести становится меньше (рис. 7).

Из рисунка 8 видно, что в целом наблюдаются тенденции к увеличению влажности на границе раскатывания (предела пластичности) загрязненных свалочным фильтратом образцов грунта с увеличением глубины, радиального расстояния и времени.

Из рисунка 9 видно, что предел усадки (содержание влаги, при котором дальнейшая ее потеря не приведет к большому уменьшению объема грунта) для загрязненных свалочным фильтратом образцов грунта в целом

больше, чем для контрольных незагрязненных. Изменения этого параметра в зависимости от глубины и времени незначительны (хотя, возможно, и есть некоторая тенденция к увеличению. – *Ред.*).

Изменения пределов Аттерберга может быть связано с изменениями характера порового раствора. Щелочная природа свалочного фильтрата в поровой среде способствует дезинтеграции частиц грунта и соответствующему увеличению степени его дисперсности и удельной поверхности (суммарной площади поверхности всех частиц грунта в единице его объема).

Выводы ►

Целью данной работы было выявление состава выбранного свалочного фильтрата и определение его влияния на инженерно-геологические свойства исследуемого грунта (кислого суглинки). На основании результатов проведенных исследований и информации из

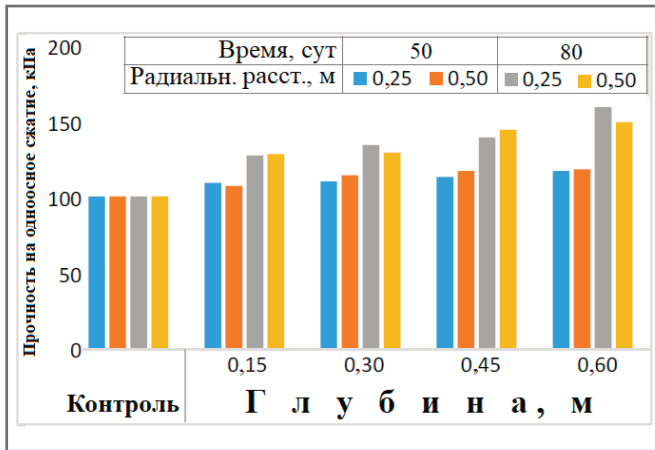


Рис. 6. Значения предела прочности на одноосное сжатие для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

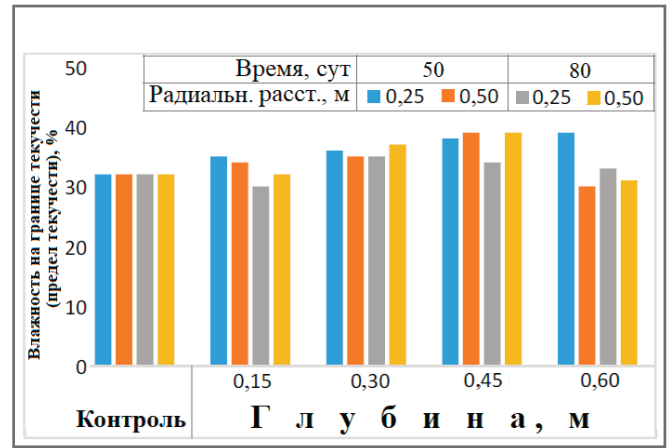


Рис. 7. Значения влажности на границе текучести (предела текучести) для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

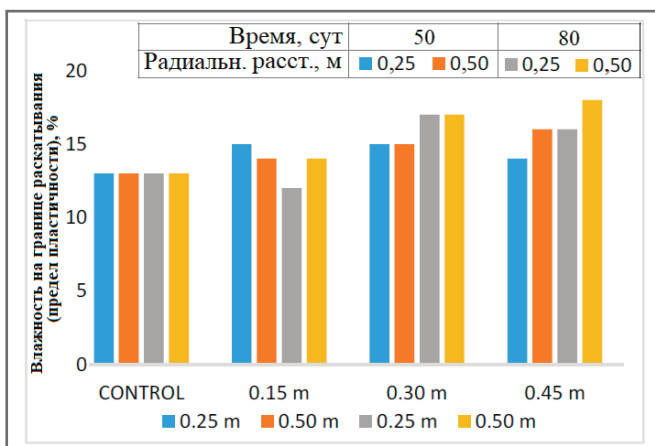


Рис. 8. Значения влажности на границе раскатывания (предела пластичности) для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

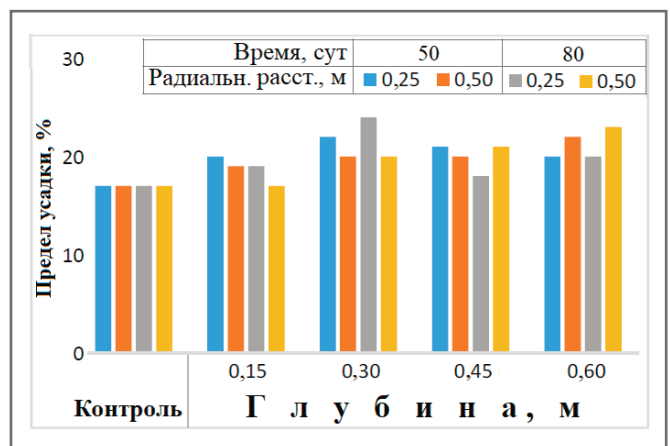


Рис. 9. Значения предела усадки для образцов грунта, взятых на разной глубине от поверхности и на разном радиальном расстоянии от точки внесения свалочного фильтрата, через 50 и 80 дней

литературных источников можно сделать следующие выводы.

1. Свалочный фильтрат поступал в однородный плотный слой грунта из условно точечного в плане источника. Но из литературы следует, что количество слоев, изменения плотности, наличие трещин разных размеров, направления потоков подземных вод и т. д. будут играть важную роль в направлениях просачивания свалочного фильтрата в грунт. Поскольку условия на разных полигонах твердых бытовых отходов различны, нельзя обобщить

схемы просачивания свалочных фильтратов для них.

2. Состав свалочного фильтрата варьирует от полигона к полигону. На удержание химических веществ в грунте будут влиять его адсорбционные свойства, подвижность и растворимость химических веществ и т. д.

3. Состав свалочного фильтрата оказывает влияние на инженерно-геологические свойства грунта. В зависимости от своего химического состава фильтрат может привести к дезинтеграции частиц грунта, что может вызвать уменьшение

его плотности и изменение пределов Аттерберга, а также флокуляцию, то есть слипание мелких частиц грунта в более крупные.

4. Просачивание свалочного фильтрата было единственным источником влаги в исследуемом грунте в период испытаний. После прекращения подачи фильтрата существенных изменений концентрации химических веществ не наблюдалось. Это доказывает, что вероятность перемещения химических веществ в грунте без поступления поровой влаги меньше. **и**

ИСТОЧНИКИ (REFERENCES) ►

1. Nta S.A., Ayotamuno M.J., Udom I.J. Effect of landfill leachate on engineering properties of test soil // International Journal of Geological and Environmental Engineering. World Academy of Science, Engineering and Technology, 2021. Vol 15. № 2. Paper 32255. URL: publications.waset.org/10011842/effect-of-landfill-leachate-on-engineering-properties-of-test-soil; researchgate.net/publication/349124450_Effect-of-Landfill-Leachate-on-Engineering-Properties-of-Test-Soil/link/6021df0092851c4ed55b8220/download.

2. 40 CFR. Introduction to hazardous waste identification. United States Environmental Protection Agency, 2005.
3. Lee G.F., Anne J.L. Impact of municipal and industrial non-hazardous waste landfills on public health and the environment: an overview. Sacramento, CA, USA: California EPA Comparative Risk Project, 1994.
4. Radojevic M., Bashkin V.N. Practical environmental analysis. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 1998.
5. APHA Standard. 3125B. Inductively coupled plasma/mass spectrometry method for trace metals. Washington, DC: American Public Health Association, 2005.
6. IS 3025-1. Methods of sampling and test (physical and chemical) for water and wastewater. Part 1. Sampling. New Delhi, India: Bureau of Indian Standards, 1987.
7. Mitchell J.K. Fundamentals of soil behavior (third ed.). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons Inc., 2005. 577 p. John: Wiley & Sons, 2005.
8. Jia Y.G., Wu Q., Meng X.M., et al. Case study on influences of oil contamination on geotechnical properties of coastal sediments in the Yellow River delta // Proceedings of the International Symposium on Geo-Environmental Engineering. Hangzhou, China, 2009.

Независимый электронный журнал **ГеоИнфо**

**С 2022 года журнал «ГеоИнфо»
выходит в формате *PDF.
10 выпусков в год.**



WWW.GEOINFO.RU