

морфологии песчаных зерен. Наиболее уплотняемыми являются аллювиальные пески р. Синяя ( $F = 0,59$ ), а наименее уплотняемыми – озерно-аллювиальные пески из основания тукулана Кысыл-Элэсин ( $F = 0,37$ ). Образец аллювиальных песков р. Синяя, как уже было сказано выше, отличается относительно высоким содержанием слюдистых минералов, имеющих уплощенную, чешуйчатую форму. Известно, что пески, содержащие упругие пластинчатые частицы слюды в большом количестве, хорошо уплотняются под внешними воздействиями. Кроме того, зерна аллювиальных песков отличаются меньшей степенью окатанности. Озерно-аллювиальные пески из основания тукулана Кысыл-Элэсин, напротив, характеризуются наиболее сферическими, хорошо окатанными частицами, что приводит к уменьшению их уплотняемости.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что плотностные свойства песчаных грунтов при прочих равных условиях (сходные минеральный и гранулометрический составы) во многом зависят от особенностей морфологии песчаных зерен, которая, в свою очередь, определяется генетическим типом песчаных отложений.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00944а с использованием оборудования, приобретенного в рамках Программы развития МГУ.

#### Список литературы

1 Об особенностях строения песчаных зерен эоловых песков тукуланов / А.Е. Харламова, С.Д. Балыкова, М.С. Чернов, Р.А. Кузнецов // Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции "Геонауки: проблемы, достижения и перспективы развития", 27–28 апреля 2018. – Издательский дом СВФУ: Якутск, 2018. – С. 176–179.

Б.Б. ЧАРЫЕВ

#### РАСЧЕТ ОСАДКИ ФУНДАМЕНТА МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО СУММИРОВАНИЯ

УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»  
г. Гомель, Республика Беларусь  
[charyyev.b@mail.ru](mailto:charyyev.b@mail.ru)

Расчет осадки производился методом послойного суммирования с учетом действия только вертикальных напряжений  $\sigma_{zg}$  и  $\sigma_{zp}$ , проходящих через центр тяжести подошвы фундамента вдоль оси «Z» [1].

Этот метод рекомендован СНиП 2.02.01-83 и является основным при расчете абсолютных осадок фундаментов промышленных зданий и гражданских сооружений.

Осадку основания  $S$  рассчитывается с использованием расчетной схемы в виде линейно - деформируемого полупространства по формуле (1):

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_i}, \text{ c} \quad (1)$$

где  $\beta$  – безразмерный коэффициент, равный 0,8;  $\sigma_{zp,i}$  -среднее значение дополнительного вертикального напряжения в  $i$ -ом слое грунта, равное полусумме указанных напряжений на верхней  $z_{i-1}$  и нижней  $z_i$  границах слоя по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента;  $h_i$  и  $E_i$  -соответственно толщина и модуль деформации  $i$ -го слоя грунта;  $n$  - число слоев, на которое разбита сжимаемая толща основания.

Вычисление конечной осадки фундамента мелкого заложения (ФМЗ) методом послойного суммирования производится в следующей последовательности.

1. Вычисляем ординаты эпюр природного (бытового) давления  $\sigma_{zg,i}$  в характерных точках на расчетной схеме, в том числе: границы слоев между грунтами (ИГЭ), отметка подошвы фундамента  $FL$ ; отметка уровня расположения подземных вод  $WL$  по глубине полупространства вдоль оси «z». Давления  $\sigma_{zg,i}$  по глубине определяем по формуле (2) [2]:

$$\sigma_{zg,i} = \sum_{i=1}^n \gamma_{IIIi} * h_i, \text{ кПа} \quad (2)$$

где  $\gamma_{IIIi}$  – удельный вес  $i$ -ого слоя грунта (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды);  $h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта.

2. Вычисляем ординаты эпюр вспомогательного давления  $\sigma_{z\text{всп},i}$  в тех же характерных точках, что и  $\sigma_{zg,i}$  на расчетной схеме по глубине полупространства вдоль оси «z». Давления  $\sigma_{z\text{всп},i}$  по глубине полупространства, определяем по формуле (3) [1]:

$$\sigma_{z\text{всп},i} = \sum_{i=1}^n 0,2 * \sigma_{zg,i}, \text{ при } E \geq 5 \text{ МПа (50 кПа)} \quad (3)$$

Ниже уровня подземных вод  $WL$  удельный вес грунта определяем с учетом взвешивающего действия воды  $\gamma_w$ . Поэтому природное (бытовое) давление  $\sigma_{zg,i}^w$  ниже  $WL$  вычисляем по формуле (4) [1]:

$$\sigma_{zg,i}^w = \sum_{i=1}^n \frac{\gamma_{Si} - \gamma_w}{1 + e_i}, \text{ МПа} \quad (4)$$

где  $\gamma_{Si}$  – удельный вес частиц  $i$ -ого слоя грунта;  $\gamma_w$  – удельный вес подземной воды, принимаемый равным  $10 \text{ кН/м}^3$ ;  $e_i$  – коэффициент пористости  $i$ -ого слоя грунта.

Расчеты выполнялись на основе данных, полученных при инженерных изысканиях, выполненных ППУП «Светлогорскгражданпроект» под строительство 10-этажного жилого дома в г. Речица [3].

Для расчетов выбрана скважина №1 (рисунок 1).

*Исходные данные для скважины №1:*

Отметка планировки: 130,21 м;

Отметка подошвы фундамента: 127,09 м;

Объемный вес грунта выше подошвы фундамента:  $1,85 \text{ т/м}^3$ ;

Нагрузка на 1 м.п. по подошве фундамента: 20 т/м.п.;

Ширина фундамента: 1,18 м;

Толщина элементарного слоя: 0,24 м.

*Исходные данные для скважины №1:*

Отметка планировки: 130,21 м;

Отметка подошвы фундамента: 127,09 м;

Объемный вес грунта выше подошвы фундамента:  $1,85 \text{ т/м}^3$ ;

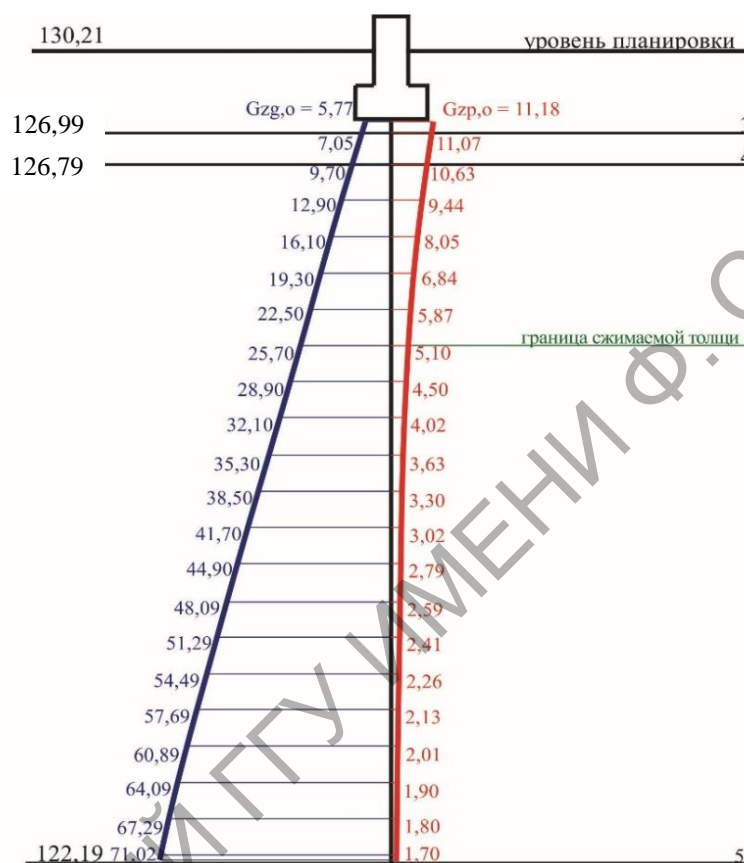
Нагрузка на 1 м.п. по подошве фундамента: 20 т/м.п.;

Ширина фундамента: 1,18 м;

Толщина элементарного слоя: 0,24 м.

**Таблица 1 – Расчет осадки для скважины № 1**

№	ИГЭ	$h$ , м	$H$ , м	$z$ , м	$m$	$\sigma_{zg}$ , Т/М <sup>2</sup>	$\sigma_{zp}$ , Т/М <sup>2</sup>	$S$ , мм
1	3	0,1	3,2	0,1	0,2	7,1	11,1	1,1
2	4	0,2	3,4	0,3	0,5	9,7	10,6	0,8
3	5	4,6	8,0	4,9	8,3	71,0	1,7	1,3



Осадка 3,4 мм.

- $G_{zg}$  Дополнительное вертикальное напряжение от внешней нагрузки на глубине  $z$  от подошвы фундамента и на уровне подошвы
- $G_{zp}$  Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на глубине  $z$  от подошвы фундамента и на уровне подошвы

**Рисунок 1 – Схема расчета осадки для скважины № 1 со слабым слоем**

Граница сжимаемой толщи на отметке 125,59 м.

Расчетное значение осадки 3,4 мм.

Наибольшую осадку при своей мизерной мощности дает слой №3 (супесь средней прочности). Осадка слоя составляет 1,1 мм, что составляет 32,4 % от общего показателя осадки.

*Пояснения к таблице 1:*

$h$  - толщина слоя, м;

$H$  - расстояние от уровня планировки до низа элементарного слоя, м;

$z$  - расстояние от подошвы фундамента до низа элементарного слоя, м;  
 $m$  - коэффициент, равный  $2 \cdot z/b$ , где  $b$  - ширина фундамента;  
 $\sigma_{zg}$ , - природное давление, т/м<sup>2</sup>;  
 $\sigma_{zp}$  - дополнительное давление, т/м<sup>2</sup>;  
 $S$  - осадка слоя, мм.

По проделанным расчетам можно сделать следующие выводы:

- 1) Величина осадки сей толщи для скважины №1 составляет 3,4 мм, из нее осадка слабопроницаемой толщи 1,1 мм, что составляет 32,4 % от общего показателя осадок.
- 2) Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о том, что наличие слабого слоя существенно влияет на общее число осадки.

### Список литературы

- 1 Цытович Н.А. Механика грунтов: Учебник для вузов: 3-е изд., доп. – Москва: Высш. школа, 1979. – 272 с.
- 2 Мирсаяпов И.Т. Механика грунтов, основания и фундамента: учебное пособие. – Казань, КГАСУ, 2008. – 97 с.
- 3 Литвин, Г.А. Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях по объекту: «Жилой дом №18а в микрорайоне №15 в г. Речица».

А.В. ШЕХОВЦОВА, В.А. КОРОЛЕВ

### К РАЗРАБОТКЕ ГРУНТА-АНАЛОГА МАРСА

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
г. Москва, Российская Федерация  
[anastasi@itforb.ru](mailto:anastasi@itforb.ru); [va-korolev@bk.ru](mailto:va-korolev@bk.ru)*

В последнее время в США, России и Китае планируются долгосрочные программы исследования и освоения Марса. История изучения поверхности Марса берет свое начало 14 июля 1965 года, когда американский аппарат “Маринер-4” пролетел на расстоянии 9846 км от поверхности планеты и сделал первый снимок [9]. Дальнейшее изучение проводилось американскими программами *Mariner* и *Viking*, советскими аппаратами серии Марс, а позднее и американскими марсоходами *Spirit*, *Opportunity*, *Phoenix* и *Curiosity*. В конце ноября 2018 года ожидается посадка нового американского исследовательского аппарата *InSight*, который настроен на изучение уже внутреннего строения и состава Марса. Однако пока ни один из космических аппаратов не предназначен для возвращения на Землю, поэтому у ученых в настоящее время нет образцов марсианского грунта для исследований.

Вместе с тем актуальным является поиск и создание грунтов-аналогов Марса на Земле. Поскольку мы имеем только косвенные данные о составе и структуре грунтов актуальным является моделирование грунтов-аналогов в земных условиях. Также для моделирования посадки космических аппаратов на поверхность Марса необходимо создание в земных условиях крупногабаритной инженерно-геологической модели марсианского грунта. В результате этого можно будет прогнозировать возможные варианты посадки, оценить риски и разработать рекомендации по техническому оснащению посадочных модулей космических аппаратов.

Поэтому целью данной работы является анализ различных методов создания моделей марсианского грунта, а также рассмотрение уже имеющихся грунтов-аналогов Марса, на основании чего можно будет дать рекомендации о создании новой модели.