

Активная микробная деятельность в анаэробных условиях, сопровождающаяся образованием малорастворимых газов, приводит к изменению напряженно-деформируемого состояния за счет формирования газодинамического давления, что провоцирует прорывы газов в подземные выработки и самовозгорание метана. Генерация растворимых газов – сероводорода и диоксида углерода в подземном пространстве города весьма характерна для разреза подземного пространства в его исторической части и отчетливо прослеживается до глубины 25 м. Эти газы (H_2S и CO_2) значительно повышают агрессивность подземной среды по отношению к конструкционным материалам. Важно отметить, что биодegradация строительных материалов не учитывается действующими нормативами. Соответственно, инженерно-геологический подход к изучению подземного пространства городов как многокомпонентной системы требует создания индивидуальных программ для дополнительных исследований в процессе проведения инженерных изысканий, их обработки при проектировании наземных сооружений, возводимых на различных типах фундаментах, подземных объектах различного назначения, а также реконструкции и реставрации архитектурно-исторических памятников.

Литература

1. Дашко Р.Э., Власов Д.Ю., Шидловская А.В. Геотехника и подземная микробиота: Институт “ПИ Геореконструкция” – СПб., 2014.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРЕКРЫВАЮЩИХ ДИСПЕРСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МОРФОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ ФОРМ

Е.В. Дробинина

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: alenadrobina@yandex.ru

В пределах территорий развития карстующихся пород инженерная деятельность зачастую связана с рисками. Реальную опасность в урбанизированных районах представляют крупные подземные карстовые полости, полости меньшего размера могут стать причиной оседания поверхности [2]. В условиях покрытого карста (классификация по Г.А. Максимовичу) подземные карстовые полости развиваются под толщей элювия небольшой мощности.

Техногенное влияние в таком случае может привести к обрушению перекрывающих отложений над ослабленным пространством.

Объектом инженерной деятельности в районах развития карстующихся пород, является перекрывающая их дисперсная толща, устойчивость которой определяется физико-механическими свойствами слагающих ее грунтов.

В рамках данной работы исследовались значения физико-механических свойств перекрывающей карстующиеся породы песчано-глинистой толщи, выявлялось наличие связи между физико-механическими свойствами грунтов и морфометрией поверхностных карстовых форм.

Исследуемый участок расположен на Полазненском полуострове, в пределах пгт Полазна Пермского края и примыкающей северо-западной территории (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения исследуемого участка

Процесс интенсивного провалообразования на территории Полазненского полуострова приурочен к 50-60 гг. XX века, когда произошла активизация карстового процесса вследствие заполнения Камского водохранилища и подпора подземных вод пресными водами водохранилища. Карстовые формы на Полазненском полуострове представлены многочисленными воронками, котловинами, карстовыми логами [1]. На период исследования процесс формирования исследуемых поверхностных карстовых форм – карстовых воронок – завершился, изменения морфометрических характеристик не происходит. В рамках данного исследования форма карстовых воронок принята круглого сечения определенного радиуса r .

В анализе рассматривались значения физико-механических свойств покровной грунтовой толщи в целом, также отдельно для песчаной и глинистой разновидностей грунтов.

Анализ проводился в программном продукте ArcGIS 10.0. По дискретным данным значений физико-механических свойств покровной дисперсной толщи были построены в пределах исследуемого контура непрерывные растровые модели полей естественной влажности W , плотности грунта ρ , коэффициента пористости e , модуля общей деформации E_0 , удельного сцепления c , угла внутреннего трения φ . Вследствие ограниченного количества исходных данных для данной территории при исследовании толщи в целом и толщи, представленной только песчаной разновидностью грунтов, рассматривались только физические свойства.

Исследование характера изменения значений физико-механических свойств в зависимости от морфометрических характеристик проводилось тремя способами.

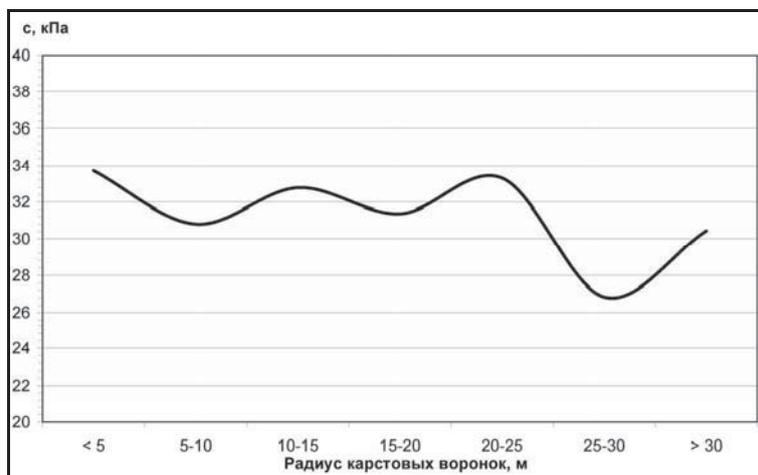
Первый способ. Анализируемые карстовые воронки в соответствии с их радиусами были визуализированы в виде полигонального слоя. В пределах объектов определенного радиуса на основе растров физико-механических свойств с помощью инструмента Zonal Statistics вычислялись статистические характеристики значений исследуемых параметров.

Второй способ. В точке локализации карстовых воронок разного радиуса производилось извлечение с растров полей физико-механических характеристик значений каждого исследуемого параметра.

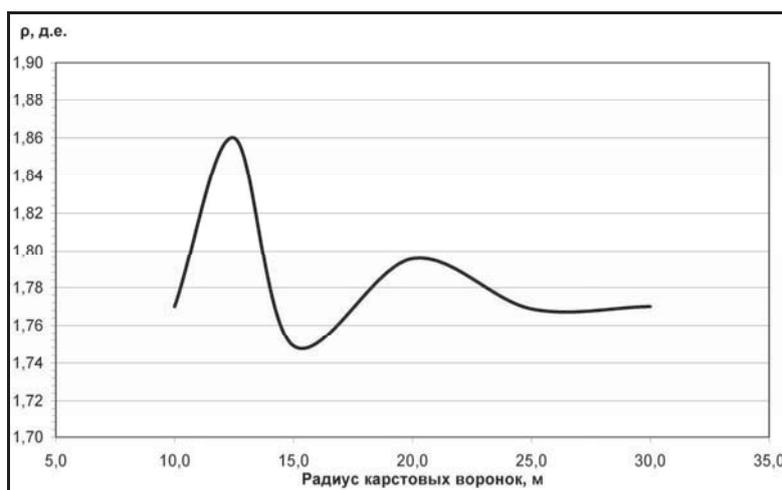
Третий способ. С помощью инструмента Natural Neighbor была интерполирована растровая поверхность на основании значений радиуса карстовых воронок посредством метода естественной окрестности в радиусе 100 метров. Полученная поверхность была классифицирована по интервалам значений диаметров карстовых воронок, в пределах которых вычислялись статистические характеристики. Отличие данного метода от первого заключается в том, что здесь учитывается радиус не одной воронки, но и воронок, расположенных в пределах расстояния от нее.

Результаты исследования тремя способами были представлены в виде графиков изменения средних значений физико-механических свойств исследуемых толщ в зависимости от диаметра карстовых воронок для первого и третьего способа, и графиков изменения значений физико-механических свойств, извлеченных в точках локализации карстовых воронок.

Механические свойства глинистой толщи, проанализированные третьим способом, изменяются в сторону уменьшения значений удельного сцепления (рис. 2) и модуля общей деформации с увеличением диаметра карстовых воронок. Угол внутреннего трения изменяется незначительно без каких-либо закономерностей. Первый метод выявил сходный с третьим вариантом характер изменений значений исследуемых механических свойств, однако на большинстве графиков, построенных посредством данного метода, наблюдаются более значительные отклонения от общей тенденции изменений.



**Рис. 2. Изменения значений удельного сцепления (c) глинистой толщи в зависимости от диаметра карстовых воронок.
Третий способ исследования**



**Рис. 3. Изменения значений плотности грунта (ρ) песчано-глинистой толщи в зависимости от диаметра карстовых воронок.
Первый способ исследования**

Значения плотности грунта песчано-глинистой и песчаной толщ при анализе посредством третьего метода характеризуются тенденцией в сторону уменьшения, в то время как глинистой толщи – незначительно в сторону увеличения. Изменения значений коэффициента пористости имеют обратный характер. Значения естественной влажности отличаются менее закономерным

изменением, вследствие подверженности данного параметра внешнему влиянию, в том числе техногенному. Однако при исследовании первым способом значения естественной влажности незначительно уменьшаются, что можно объяснить относительно хорошей дренированностью территории в районе воронок большего радиуса. Характер изменения значения остальных исследуемых физических характеристик сходен с третьим вариантом: значения плотности грунта (рис. 3) всех исследуемых толщ уменьшаются, коэффициента пористости увеличиваются.

Результирующие графики, полученные посредством второго способа исследования и отражающие характер изменения значений физико-механических свойств грунтовых толщ, не отличаются должной информативностью (рис. 4), следовательно, выявление связей морфометрии карстовых воронок и физико-механических свойств данным образом нерационально.

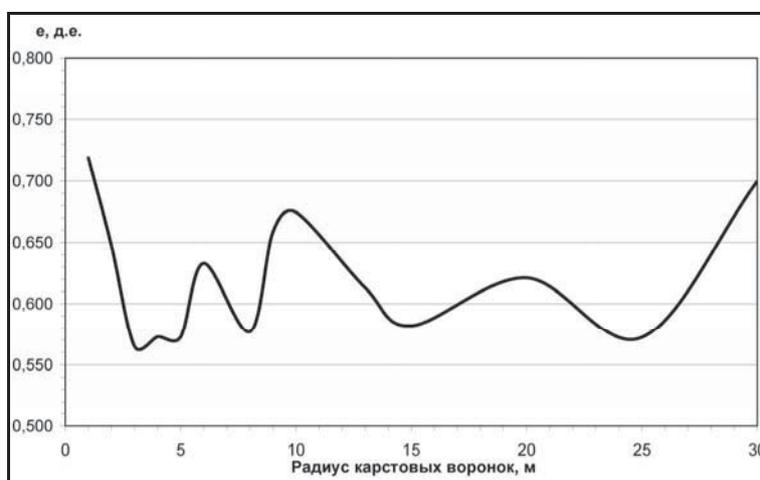


Рис. 4. Изменения значений коэффициента пористости (e) песчаной толщи в зависимости от диаметра карстовых воронок. Второй способ исследования

В результате проведенного исследования в целом наблюдается закономерное изменение значений физико-механических свойств покровной дисперсной толщи в зависимости от радиуса r карстовых воронок. Покровная толща в условиях распространения воронок большего радиуса характеризуется меньшими значениями плотности грунта, также деформационных и прочностных характеристик, и большими значениями коэффициента пористости. Значительные флуктуации значений естественной влажности в большинстве случаев отражают подверженность данного параметра внешним, в том числе техногенным факторам.

Характерно, что менее всего отклонений от общих тенденций изменений свойств наблюдалось при исследовании грунтовых толщ третьим способом, с учетом не только исследуемой воронки, но и соседних карстовых во-

ронок. Второй метод, учитывающий только точку локализации карстовой воронки, оказался наименее информативным.

Литература

1. Горбунова К.А., Максимович Н.Г. Техногенное воздействие на закарстованные территории Пермской области // География и природные ресурсы. 1991. № 3. С. 42-46.
2. T. Waltham, Z. Lu. Natural and anthropogenic rock collapse over open caves// Natural and Anthropogenic Hazards in Karst Areas: Recognition, Analysis and Mitigation. 2007. № 279. P. 12-21.

МОНИТОРИНГ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В.С. Зайцев*, О.А. Гальперин, К.А. Биктимирова***

* Горный институт НИТУ «МИСиС», 119991 г. Москва, Ленинский проспект, 4.
E-mail: galperin_a@mail.ru

** ООО «КАПСТРОЙТРАСТ», 119334, г. Москва, ул. Косыгина, д. 7, стр. 2.
E-mail: mild205@gmail.com

В Московском государственном горном университете (МГГУ)¹ разработана классификация для оценки гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических условий строительства подземных сооружений мегаполиса [3,4].

В классификации различаются (по глубине) структурные этажи, представленные сыпучими, рыхлыми и твердыми (скальными и полускальными) образованиями. В каждом этаже выделяются зоны, характеризующиеся различной обводненностью, физико-механическими свойствами пород, залеганием и степенью нарушенности – стратиграфической и тектонической, а также проявлениями результатов магматизма.

Эти факторы в отдельности или по совокупности определяют технологию ведения горно-строительных работ – способы проведения выработок, организацию процессов их крепления и мероприятия, связанные с охраной окружающей среды. Классификация (таблица) предусматривает выделение трех категорий сложности проведения горных выработок при строительстве подземных сооружений.

I категория – простая. Характеризуется отсутствием обводненности выработок подземными водами. К этой же категории отнесены варианты проведения выработок в породах, не изменяющих значительно водно-

¹ В настоящее время Горный институт НИТУ «МИСиС».