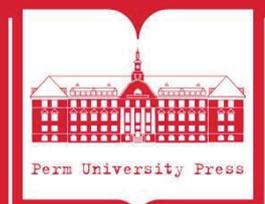


ПЕРМСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ

Сборник научных трудов  
по материалам XVI Международной  
научно-практической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых

Пермь, ПГНИУ, 13–14 апреля 2023 г.



Пермь 2023

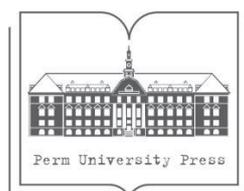
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# ГЕОЛОГИЯ В РАЗВИВАЮЩЕМСЯ МИРЕ

*Сборник научных трудов по материалам  
XVI Международной научно-практической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых*

Пермь, ПГНИУ, 13–14 апреля 2023 г.



Пермь 2023

УДК 550.8+622(234.852)

ББК 26.3

Г36

**Геология** в развивающемся мире [Электронный ресурс] : сборник Г36 научных трудов по материалам XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Пермь, ПГНИУ, 13–14 апреля 2023 г.) / отв. ред. Н. В. Кулакова ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2023. – 29,3 Мб ; 479 с. – Режим доступа: [http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/geolog\\_v\\_razv\\_mire\\_2023.pdf](http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/geolog_v_razv_mire_2023.pdf). – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-4010-2

В сборнике содержатся статьи студентов, аспирантов, молодых ученых (кандидатов наук) – участников XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире», проводимой на геологическом факультете Пермского государственного национального исследовательского университета.

Рассматриваются проблемы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; минералогии, геохимии и петрографии; палеонтологии, стратиграфии и региональной геологии; геофизики; геологии нефти и газа; инженерной геологии и гидрогеологии; геоэкологии и охраны окружающей среды; геоинформационных систем в геологии.

Издание адресовано инженерам-геологам, гидрогеологам, геофизикам, минералогам, палеонтологам, нефтяникам и геологам широкого профиля.

УДК 550.8+622(234.852)

ББК 26.3

*Издается по решению ученого совета геологического факультета  
Пермского государственного национального исследовательского университета*

Редакционная коллегия:

д. г.-м. н. П. А. Красильников, д. г.-м. н. Е. А. Меньшикова,

к. г.-м. н. Е. Е. Кожевникова, Н. В. Кулакова

Ответственный редактор *Н. В. Кулакова*

*Рецензенты:* научный сотрудник Кунгурской лаборатории-стационара Горного института УрО РАН, канд. геол.-мин. наук **А. С. Казанцева**

старший научный работник Горного института УрО РАН, канд. геол.-мин. наук, доцент **И. Ю. Герасимова**

ISBN 978-5-7944-4010-2

© ПГНИУ, 2023

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСТВОРЕНИЯ КАРСТУЮЩИХСЯ ПОРОД ПОД ОСНОВАНИЕМ СВАИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

*Голубев Андрей Алексеевич*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
магистрант 2 курса, г. Пермь  
e-mail: andrewgolebev199902@gmail.com*

*Научный руководитель: к.г.-м.н., доцент, Ковалёва Татьяна Геннадьевна*

**Аннотация:** в статье описан опыт смоделированной ситуации, где свая опирается в водорастворимые грунты. В ходе исследования производились промежуточные замеры массы образцов, велась их фотофиксация и производилось описание. В результате получены сведения о динамике изменения измеряемых величин.

**Ключевые слова:** карст; скорость растворения пород; сульфатные породы.

## SIMULATION OF THE DISSOLUTION OF KARSTING ROCKS UNDER A PILE FOUNDATION IN LABORATORY CONDITIONS

*Andrey Golubev,*

*Perm State University, 2<sup>nd</sup> year Master's Degree Student, Perm City,  
e-mail: andrewgolebev199902@gmail.com*

*Research Supervisor: Candidate of Geology and Mineralogy, Reader, Tatiana Kovaleva*

**Abstract:** The article describes the experience of a simulated situation where the pile rests on water-soluble soils. In the course of the study, intermediate measurements of the mass of the samples were made, their photofixation was carried out, and a description was made. As a result, information on the dynamics of changes in measured values is obtained.

**Keywords:** karst; dissolution rate of rocks; sulfate rocks.

На закарстованных территориях, как правило, рекомендуется использовать монолитные, плитные фундаменты. Однако, есть ряд сооружений, для функционирования которых требует применение свайного фундамента в конструкции (мосты, эстакады, путепроводы и т.п.). При близком залегании кровли карстующихся пород либо низких несущих свойствах перекрывающих отложений свайные фундаменты устраиваются на растворимые отложения. При этом в процессе инженерно-геологических изысканий определяется под острием сваи расчетный диаметр полости, которая может образоваться за срок службы сооружения. При таких расчетах обычно рассматривается степень раскрытия трещин в растворимой породе и скорость ее растворения. В работе предпринята попытка моделирования процесса растворения пород под острием сваи при разной динамике потока воды.

Для испытания были выбраны сульфатные породы, отобранные на территории Пермского края.

В геоморфологическом отношении исследуемый участок относится к району Уфимского плато Предуральской геоморфологической области Русской равнины. По характеру рельефа территория представляет собой обширную денудационную равнину, расчлененную сетью мелких речных долин, балок и оврагов. Область денудационной равнины Среднего Прикамья, район слабых дифференцированных поднятий Буйской низменной равнины представляет собой эрозионно-денудационную равнину, осложненную сетью мелких рек и оврагов [5]. По данным карстологического бурения в геолого-литологическом строении принимают участие делювиальные суглинки (dQI-IV) и породы нижнего отдела пермской системы (P<sub>1</sub>), которые представлены глинами с прослоями суглинков и песков. Карстующиеся отложения представлены гипсами и ангидритами (P<sub>1</sub>) (сульфатные породы).

В соответствии с картой распространения карста на территории Российской Федерации (рис. Б.5 СП 115.13330.2016) исследуемый участок относится к территории сульфатного и карбонатно-сульфатного карста. По времени образования карст современный, так как проявляет себя на поверхности в виде новых провальных форм [7].

Согласно карте карстовой опасности на территории России (масштаб 1:10 000 000, 1993 г.), составленной в рамках государственной научно-технической программы «Безопасность» коллективом авторов В.М. Кутепов, М.М. Максимов, и др., главной редактор В.И. Осипов, при лаборатории геоинформатики и компьютерной картографии Института Геоэкологии РАН, исследуемый участок расположен в пределах территории возможного проявления карста при техногенных воздействиях [2].

Согласно карте (схеме) карстующихся пород и карста Пермской области по К.А. Горбуновой, 1993 г. исследуемый участок приурочен к иренскому карстовому району [1].

Исследования отечественных и зарубежных специалистов в области скорости растворения пород показывают значительную вариативность в зависимости от литологического состава, возраста и генезиса карстующихся пород. Так, А.Г. Лыкошиным приведены сведения о скоростях растворения карбонатных пород от долей миллиметра до 3 мм в год [6]. Напротив, согласно данным Д. Форда и П. Уильямса [7] скорость растворения карбонатов не превышает 0,01-0,03 мм в год. Такие различия у разных авторов связаны не только с выше отмеченными факторами, но и с условиями проведения опытов [3, 4].

При забивке свай и дальнейшей эксплуатации сооружений образуются конденсат, который стекает по стенкам свай и накапливается под ее основанием. В данном опыте смоделирована ситуация, где свая опирается в водорастворимые грунты (рис. 1). В качестве водорастворимых пород был взят ангидрит, порода, которая при взаимодействии с водой может растворяться и преобразовываться в гипс. В роли свай используются пластиковые колпачки. В качестве исследуемого образца взят монолит, отобранный в ходе карстологического бурения в Чернушенском районе Пермского края с глубины 47,1 м, далее из монолита срезаны «плашки» одинаковые по размеру и форме. На образцы с заданной скоростью капает вода: из водопроводного крана на образец № 1 с более высокой скоростью, на образец № 2 из бутылки, в крышке которой проделана маленькая дырочка, с более низкой скоростью. «Плашки» герметично упакованы в скотч, по середине скотч был срезан под «сваю» на несколько миллиметров больше ее диаметра, чтобы исключить попадание воды на остальную часть образца. До начала испытания была измерена масса образцов без упаковки и в упаковке. Масса первого образца без упаковки составляет – 292,19 г, с упаковкой – 298,24 г. Масса второго образца без упаковки составляет – 263,80 г, с упаковкой – 268,33 г. Соответственно, масса упаковки образца № 1 равно 6,05 г, образца № 2 – 4,53 г, соответственно. Также перед началом испытания произведено измерение прочности молотком Шмидта, сделано 10 измерений (табл. 1) в разных точках отобранного монолита, которые представлены в таблице, средняя прочность на сжатие составила 24 МПа. Скорость растворения определена путем замера массы образцов каждые 3-5 недель и сравнения их с предыдущим, так же каждый образец подлежит фото- и видеofиксации. Опыт начался с 08 декабря 2022 г. и продолжается до сих пор.

Таблица 1

Измерение прочности на сжатие молотком Шмидта

№ измерения	Прочность на сжатие, МПа
1	19
2	19
3	33
4	17
5	34
6	10
7	30
8	24
9	31
10	26
Среднее	24



Рис. 1. Установка моделирования свай под ангидритами (слева изображен образец № 2, справа – № 1)

Как и упоминалось ранее, масса первого образца составляет 292,19 г., замер которого был произведен 08.12.22 Второй замер произведен 30.12.22 г., масса составила 287,32 г., масса уменьшилась на 4,87 г. Третий замер произведен 06.02.23 г., масса составила 280,57 г., относительно второго замера масса уменьшилась на 6,75 г. Четвертый замер произведен 01.03.23 г., масса составила 275,43 г., относительно третьего замера масса уменьшилась на 5,14 г. Пятый замер произведен 23.03.23 г., масса составила 270,65 г., относительно четвертого замера масса уменьшилась на 4,78 г. Изменение массы относительно начального и последнего замеров составило 21,54 г.

Первоначальная масса второго образца составляет 263,80 г., замер которого был произведен 08.12.22 Второй замер произведен 30.12.22 г., масса составила 263,87 г., масса увеличилась на 0,07 г. Третий замер произведен 06.02.23 г., масса составила 263,96 г., относительно второго замера масса увеличилась на 0,09 г. Четвертый замер произведен 01.03.23 г., масса составила 263,46 г., относительно третьего замера масса уменьшилась на 0,50 г. Пятый замер произведен 23.03.23 г., масса составила 263,30 г., относительно четвертого замера масса уменьшилась на 0,16 г. Изменение массы относительно начального и последнего замеров составило 0,50 г. Ввиду того, что на образец № 2 вода капает с меньшей скоростью, на данном этапе исследования ангидрит преобразовывается в гипс, соответственно, потеря массы не так значительна и заметна, в отличие от образца № 1.

В таблице представлено изменение массы образцов №№ 1 и 2 относительно даты замеров. На графике (рис. 2) представлено изменение массы данных образцов без учета упаковки.

Таблица 2

Результаты измерений образцов

Дата замеров	Масса образца № 1	Масса упаковки образца № 1	Масса образца № 1 без упаковки	Изменение массы образца № 1	Масса образца № 2	Масса упаковки образца № 2	Масса образца № 2 без упаковки	Изменение массы образца № 2
08.12.22	298,24	6,05	292,19		268,33	4,53	263,8	
30.12.22	293,37		287,32	-4,87	268,4		263,87	-0,07
06.02.23	286,62		280,57	-6,75	268,49		263,96	-0,09
01.03.23	281,48		275,43	-5,14	267,99		263,46	0,5
23.03.23	276,7		270,65	-4,78	267,83		263,3	0,16

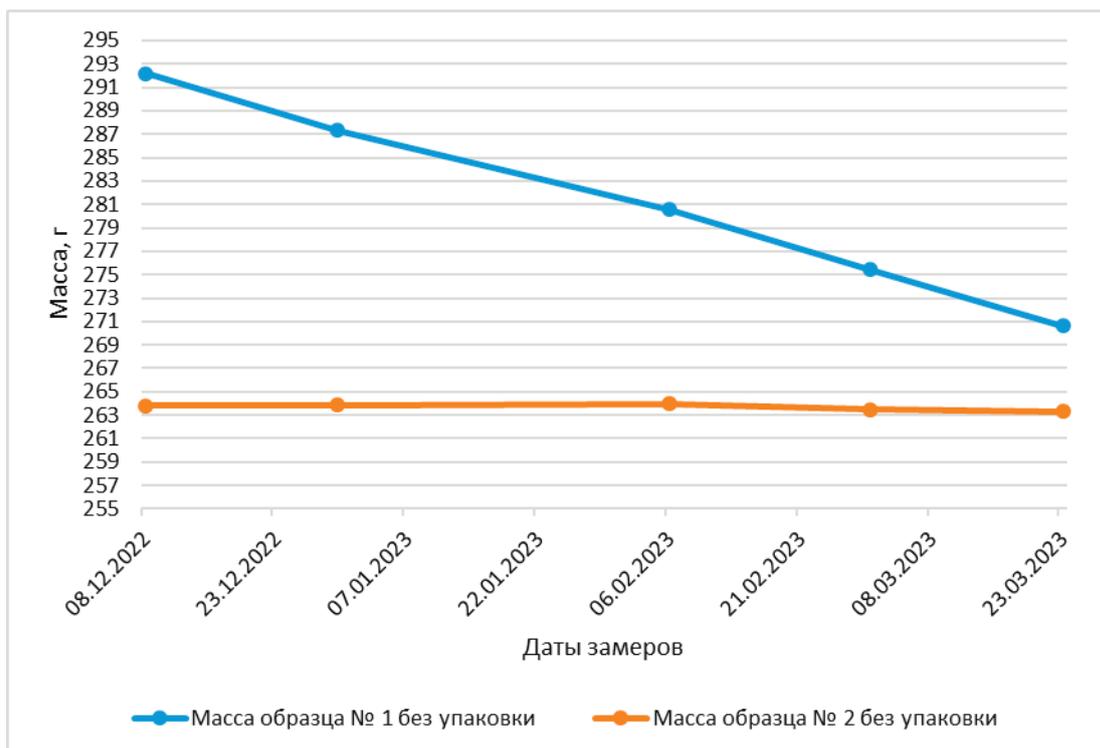


Рис. 2. График изменения массы образцов № 1 и 2 (без учета упаковки)

Таким образом, результаты опытов показывают, что в основании имитируемой сваи происходит процесс растворения при любой скорости потока, однако при разной заданной скорости потока воды интенсивность процесса растворения будет существенно отличаться. При устройстве свайных фундаментов и дальнейшей эксплуатации сооружений на свайных фундаментах, опирающихся на карстующиеся грунты, следует выполнять прогноз развития полости с учетом скорости растворения карстующихся отложений при разной динамике потока воды.

#### Литература

1. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 1992. – 200 с.
2. Карта карстовой опасности на территории России (масштаб 1:10 000 000, 1993 г.), составленной в рамках государственной научно-технической программы «Безопасность» коллективом авторов В.М. Кутепов, М.М. Максимов, Н.Г. Анисимова, В.Ф. Германченко, М.С. Голицын, Г.Н. Дублянская, В.Н. Дублянский, В.П. Зверев, И.А. Кожевникова, Н.Н. Кондратьев, И.А. Саваренский, А.И. Сергеев, М.А. Степанова, О.В. Тигина, В.П. Хоменко, А.Б. Чалбаев, главный редактор В.И. Осипов, при лаборатории геоинформатики и компьютерной картографии Института Геоэкологии РАН.
3. Катаев В.Н., Золотарев Д.Р., Щербаков С.В. Опыт растворения карбонатных и сульфатных пород // *Материалы международной научно-практической конференции III Крымские карстологические чтения*. Симферополь, 2021. С.50-56.
4. Катаев В.Н., Золотарев Д.Р., Щербаков С.В., Е.В. Дробинина. Оценка скорости растворения карбонатных и сульфатных пород // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Сборник научных статей*. Выпуск 5 (42). Пермь, 2022. С.226-231.
5. Копылов И.С. Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермская Края. Пермь, 2021.
6. Толмачев В.В., Ройтер Ф. Инженерное карстование. – М.: Недра; Берлин: Akademie, 1990. – 151 с.
7. Ford D, Williams P. *Karst hydrogeology and geomorphology*. – Wiley, New York, 2007. – 601 p.
8. СП 115.13330.2016. Геофизика опасных природных воздействий. Москва, Стандартинформ, 2018.