

С юга и юго-востока к этой территории подходит недавно выделенный и слабо очерченный на площади выходов силикатных сульфатно-карбонатных отложений Курашимо-Чернушинский карстовый район [6].

В таких условиях недоучет карстопасности при строительном освоении может дорого обойтись. При инженерно-геологическом обосновании ответственного строительства необходимы карстологическое обследование и тщательная инженерно-топографическая съемка (вплоть до использования в качестве «речника» квалифицированного инженера-геолога), бурение параметрических (опорных) и контрольных (по геофизическим аномалиям) скважин с обязательным поинтервальным гидрогеохимическим опробованием, особенно на участках с залеганием сульфатных пород выше уровня камских водохранилищ. Должны быть установлены контуры закарстованных территорий с возможными опасными проявлениями карста. Изначально же следует ориентироваться на общие геолого-тектонические, гидрогеологические и гидрохимические условия карстообразования [3, 10] и потенциальные возможности его усиления в создающейся при освоении территории ситуации.

### *Литература*

1. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области // Пермь: изд-во Перм. ун-та, 2000. 200 с.
2. Зверев В.П., Костилова И.А. Гидрогеохимические особенности развития карста в современных условиях // Геоэкология. 2015. №3. С.248-256.
3. Костарев В.П. Карст Урала и Приуралья // Пермь: Перм. ун-т, 1990. 21 с.
4. Максимович Г.А. Основы карстования. Т.1 // Пермь: Перм. книж. изд-во, 1963. 445 с.
5. Максимович Н.Г. Безопасность плотин на растворимых породах (на примере Камской ГЭС) // Пермь: ООО ПС «Гармония», 2006. 212 с.
6. Назаров Н.Н. Карст Прикамья // Пермь: изд-во Перм. ун-та, 1996. 94 с.
7. Соколов Д.С. Основные условия развития карста // М.: Госгеолтехиздат, 1962. 322 с.
8. Сунцев А.С., Леонова-Вендровская З.А., Денисов М.И., Черткова И.И. Структурная геология и геологическое картирование. Геологическое строение района г. Перми // Пермь: изд-во Перм. ун-та, 2000. 104 с.
9. Толмачев В.В. Карстовые районы: тридцатилетний опыт нормотворчества // Инж. изыскания. 2007. №1. С.16-19.
10. ТСН 11-301-2004По. Инженерно-геологические изыскания на закарстованных территориях Пермской области // Пермь: Адм. Перм. обл., 2005. 120 с.

## **О ПРИМЕНЕНИИ МИКРОВОЛНОВЫХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГРУНТОВ**

В.В. Крамаренко, А.Н. Никитенков, В.Ю. Молоков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,  
E-mail: kramarenko-v-v@mail.ru*

**Аннотация.** Статья посвящена разработке методики определения влажности торфов и заторфованных грунтов при помощи СВЧ-излучения, направленной на ускорение процесса сушки, снижение трудоемкости и стоимости лабораторных исследований. При определении показателей влажности, зольности и содержания органики и многих других видах испытаний грунтов возникает проблема их ускоренной сушки. Для органических и органоминеральных грунтов ускоренное определение показателей влажности особенно важно, так как при повторных взвешиваниях высушенного в конвекционной печи образца, наблюдается увеличение его массы. В работе приведен детальный обзор существующих методик определения влажности грунтов, рассмотрены особенности и границы их применения. Работа содержит полученные авторами результаты исследований влажности органических

грунтов двумя методами: сушки в микроволновой печи и методом, приведенным в действующих отечественных стандартах, сравнение полученных результатов, а также рекомендации по применению метода сушки грунтов методом СВЧ.

**Abstract.** The article is devoted to methods of determining the moisture content of peat and organic soils using microwave radiation, which will greatly speed up the process, reduce the complexity and cost of laboratory tests. Problem of rapid drying arises during determining water content, ash content and content of organic matter and many other types of soil tests. For organic and organomineral soils problem of rapid measurement of water content is especially important, since after re-weighing of the dry sample may be observed increase in mass. The paper presents a detailed review of methods of determining the moisture content of soils, characteristics and boundaries of their application. The work contains the results of a research on the moisture content of organic soils by drying in the microwave oven using the method listed in the current national standards, comparison of results and recommendations for the use of the method of drying of soil by the microwave.

При определении показателей влажности, зольности и содержания органического вещества, а также при многих других видах испытаний грунтов возникает проблема их ускоренной сушки. Для органических и органоминеральных грунтов ускоренное определение влажности имеет особое значение, так как при повторном взвешивании образца наблюдается увеличение его массы и при этом требуется отследить наименьшую массу, поскольку именно её принимают за конечный результат взвешивания согласно ГОСТ 5180 [18].

Целью данной работы являлось изучение процесса сушки в микроволновых печах для определения влажности органических и органоминеральных грунтов. Задачи включали: обзор отечественных и зарубежных работ, посвященных методикам тестирования влажности грунтов; опробование и лабораторные испытания по определению классификационных показателей состава и физических свойств торфов и заторфованных грунтов, определение и сопоставление их влажности при сушке в микроволновой и конвекционной печи, определение потерь органического вещества после сушки, а также составление кратких рекомендаций по применению микроволновой печи для ускоренной сушки содержащих органику грунтов.

Обзор литературных источников и нормативных документов выявил, что существует довольно много методов получения влажности грунтов [1–14], а в соответствии с действующими нормативами [18] применяется метод сушки в конвекционной печи.

Авторами исследованы грунты, отобранные на территории Томской области и являющиеся типичными для данного региона. В ходе испытаний были проанализированы образцы торфа разной степени разложения, малозольные, древесной, травяной, моховой и травяно-моховой групп, а также заторфованные глины и суглинки. Были определены в соответствии с методиками [1,6,16,18]: влажность ( $w$ ), степень разложения торфов ( $D_{dp}$ ), содержание органики ( $I_r$ ) и влажность на границе раскатывания и текучести ( $w_L$  и  $w_p$ ) органоминеральных грунтов. При лабораторных исследованиях применялись: шкафы – сушильный ШСП–0.25–100 и суховоздушный ШСВЛ–80–Касимов, микроволновые печи – LG мощностью 900 Ватт и Wellton WMO–1700GW с регулируемой мощностью, муфельная печь МИМП–10 УЭ, весы с точностью 0,01 и 0,001 г. Для сопоставления результатов сушки в конвекционной и в микроволновой печи каждый образец грунта делился пополам. В соответствии с методиками [12,18] из каждой части отбирались от 4 до 8 параллельных навесок массой 15–50 г. Из сфагнового торфа были взяты навески по 5–10 г [10], по 15–20 г [12], а также более объемные пробы массой 100–200 г [4] – с целью уменьшить разброс между параллельными определениями

водонасыщенных образцов. Сушка проводилась до получения разности масс грунта с посудой при двух последующих взвешиваниях не более 0,02 г [18]. Время сушки образцов в конвекционной печи соответствовало требованиям нормативов [10,12,18]. Время испытаний в микроволновой печи определялось влажностью и массой образца и составляло от 10 до 30 минут для навески до 50 г и до 1,5 часов для навески в 100–200 г (при мощности излучения ~200 Вт). Интервалы между взвешиваниями подбирались эмпирически с учетом массы навески, влажности, площади испарения, а также инерционностью разогрева микроволновой печи, следствием которого было существенное замедление процесса сушки при интервалах между взвешиваниями менее 1–2 мин. Первое взвешивание образца проводилось через интервалы в 1–2 минуты при массе навески до 50 г и через 3–7 минут для навески более 50 г.

Необходимо отметить особенности процесса сушки органических и органоминеральных грунтов (табл. 1) – это высокая обводненность торфа, длительность процесса и возможные потери органики при высоких температурах. Максимальная влажность (1500–3000 % и более) отмечена у образцов слаборазложившегося мохового и травяно-мохового торфа; средние значения порядка 400–600 % выявлены у сильно- и среднеразложившихся торфов древесной и травяной групп, минимальные значения порядка 25–70 % – у слаботорфованных грунтов, что в целом типично для этих разновидностей. Соответственно, с ростом влажности растет разброс ее значений. При увеличении массы навески от 5 до 20 г разброс несколько уменьшился (табл. 1). При навеске в 100–200 г у мохового торфа с другого объекта также отмечены значительные вариации параллельных определений. Увеличение объема выборки до 8–10 навесок также не улучшило результаты (рис.1, в).

Результаты исследований показали, что разброс значений влажности торфов при сушке в микроволновой печи в большинстве случаев не выше, чем при сушке в конвекционной (табл. 1). И в том, и в другом случае он не соответствует требованиям нормативов к результатам параллельных определений показателя (допустимая разница при влажности более 100% составляет 5% [18], влаги – 1 % [12]). Если у минеральных грунтов отмечается небольшой разброс влажности [4], то, как показала многолетняя практика работы с торфами неосушенных залежей добиться таких же результатов для них не просто. Вариации получаемых значений объясняются неоднородностью состава грунта, неравномерностью распределения органических остатков и минеральных включений, содержанием гумуса, разной волокнистостью, а главное – различной впитывающей и водоудерживающей способностью остатков растений-торфообразователей. Необходимо отметить, что довольно сложно проводить опробование на неосушенных торфяных массивах, также проблематична транспортировка больших проб с сохранением их естественного состояния. Потери влаги при этих процедурах существенно превышают допустимую разницу параллельных определений, поэтому целесообразнее определять показатели физических свойств по одной навеске [10], увеличив количество отбираемых образцов с каждого инженерно-геологического элемента представленного специфическим грунтом до 15–20 штук.

Таблица 1  
Результаты определения влажности органических и органоминеральных  
грунтов

Название грунта		Масса навески, г	Глубина отбора, м	Влажность, % при сушке в печи					
				микроволновой			конвекционной		
				минимум	максимум	среднее	минимум	максимум	среднее
Органические грунты	Торф слаборазложившийся моховой группы	100– 200	0,2	3125	3255	3188	2412	3327	2994
	Торф слаборазложившийся моховой группы	15–20	1,0	2253	2794	2527	2390	3003	2761
		5–10	1,0	2200	2754	2513	2250	3063	2816
	Торф среднеразложившийся травяной группы	15–50	1,0	603	617	609	574	598	587
	Торф сильноразложившийся древесной группы	15–50	1,0	353	464	397	369	485	416
	Торф слаборазложившийся травяно-моховой группы	15–50	1,0	1925	2333	2097	2340	2506	2447
	Торф слаборазложившийся травяно-моховой группы	15–50	3,0	1443	1506	1464	1465	1966	1762
Торф сильноразложившийся древесно-травяной группы	15–50	1,0	394	402	398	416	438	428	
Органо- неральные грунты	Глина мягкопластичная слабозаторфованная	15–50	2,0	56	60	58	58	61	60
	Суглинок текучепластичный слабозаторфованный	15–50	4,5	29	31	30	27	30	29

Проведенные испытания позволили составить краткие рекомендации по методике определения влажности с применением СВЧ-печей для содержащих органику грунтов.

Применение микроволновой печи исключает использование металлической посуды, непроницаемой для микроволн и способной привести к короткому замыканию. Для сушки сильноразложившихся торфов, органических высокозольных и органоминеральных связных грунтов рекомендуются фарфоровые или керамические контейнеры, выдерживающие сильные перепады температур. Пластиковая посуда для них не пригодна, поскольку за счет сильного разогрева на завершающих этапах сушки она плавится. Для слаборазложившихся водонасыщенных торфов подходят бытовые пластиковые контейнеры. При установке мощности печи более 200W рекомендуется использовать исключительно фарфоровую посуду.

Оптимальная мощность нагрева печи для сушки органических грунтов составляет 200–500 Вт (для небольших навесок рекомендуется меньшая мощность, чтобы соблюдать баланс между оптимальной скоростью сушки и нагревом образцов).

Оптимальная масса навески определяется исходной влажностью грунта и находится в интервале от 15–50 г для средне-, сильноразложившихся торфов и органоминеральных грунтов; навески массой до 100–200 г рекомендуются для

слаборазложившихся торфов моховой группы, торфов разной степени волокнистости или с крупными остатками растений-торфообразователей.

4. Для уменьшения разброса значений влажности желательнее соблюдать баланс между массой грунта и числом проб в печи. В случае анализа средне-, и сильноразложившихся торфов, заторфованных грунтов рекомендуются образцы массой 15–50 г с числом проб от 3 до 6 штук. Для слаборазложившихся водонасыщенных торфов рекомендуется использовать навески массой более 100 г при числе проб не более 2–3 штук. При массовых определениях влажности целесообразнее применять ускоренный метод согласно [12].

5. Время сушки навесок торфа массой более 100 г – 30–40 минут, массой 30–50 г (и для заторфованных грунтов) – 10–15 минут, массой 5–10 г – 3–5 минут. Интервалы между повторными взвешиваниями для навесок массой более 50 г порядка 3–5 минут и 1–2 минуты для навесок более 5–10 г и для слабозаторфованных грунтов.

6. Интенсифицировать процесс сушки возможно за счет увеличения площади испарения испытываемых образцов путём раскатки их тонким слоем и нанесения на поверхности борозд с использованием шпателя, а также путем их перемешивания при повторных взвешиваниях.

Таким образом, результаты исследования подтвердили, что бытовые микроволновые печи являются эффективным средством для быстрого определения влажности органических и органоминеральных грунтов, поскольку тестирование проводится в более короткие сроки, и полученные данные не менее точны, чем при использовании сушильных шкафов. Прокаливание грунтов при разных температурах после тестирования на влажность показало, что потери органики также сопоставимы. Положительным моментом работы является то, что при сушке в СВЧ вес образца не увеличивается при повторных взвешиваниях, что повышает точность определений влажности. Авторы надеются, что предложенные рекомендации позволят шире использовать недорогую технику при инженерно-геологических изысканиях.

### *Литература*

1. ASTM D 1558 – 10. Standard Test Method For Moisture Content Penetration Resistance Relationships Of Finraind Soils.
2. ASTM D 2216–10. Standard Test Methods For Laboratory Determination Of Water (Moisture) Content Of Soil And Rock By Mass.
3. ASTM D 2974–14 Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils.
4. ASTM D 4643–08. Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by Microwave Oven Heating.
5. ASTM D 4944–11. Standard Test Method For Field Determination Of Water (Moisture) Content Of Soil By The Calcium Carbide Gas Pressure Tester.
6. ASTM D425–88(2008) Standard Test Method for Centrifuge Moisture Equivalent of Soils.
7. ASTM D6938–10 Standard Test Method for In-Place Density and Water Content of Soil and Soil-Aggregate by Nuclear Methods (Shallow Depth).
8. Device Comparison for Determining Field Soil Moisture Content Ernest S. Berney IV, James D. Kyzar, and Lawrence O. Oyelami Geotechnical and Structures Laboratory U.S. Army Engineer Research and Development Center 3909 Halls Ferry Road Vicksburg, MS 39180–6199.
9. Marcos, E., R. Tarrega and E. Luis: Changes in a humic cambisol heated (100–500oC) under laboratory conditions: The significance of heatingtime. *Geoderma*, 138, 237–243 (2007).
10. ГОСТ 11305–2013 Торф. Методы определения влаги.
11. ГОСТ 11306–2013 Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности
12. ГОСТ 19723–74 Торф. Метод определения содержания влаги в залежи.
13. ГОСТ 23061–2012 Грунты. Методы радиоизотопных измерений плотности и влажности.

14. ГОСТ 26213–91 Почвы. Методы определения органического вещества.
15. ГОСТ 27784–88. Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв.
16. ГОСТ 30416–2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
17. ГОСТ 30672–2012 Грунты. Полевые испытания. Общие положения.
18. ГОСТ 5180–84 Грунты методы лабораторного определения физических характеристик.
19. Крамаренко В. В. , Никитенков А. Н. , Молоков В. Ю. О применимости СВЧ-метода для определения влажности песчаных грунтов // Современные проблемы науки и образования. – 2015 – №. 1. – С. 1–12.
20. <http://www.science-education.ru/121-18451>. Барсуков В.Л., Борисов М.В. Модели растворения урана в природных водах разного состава. // Геохимия. – 2003. – № 1. - С. 43–69.

## ОЦЕНКА ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ СТРОЯЩЕГОСЯ ГОРОДА ИННОПОЛИС (ТАТАРСТАН)

А.И. Латыпов, Н.И. Жаркова, И.С. Нуриев

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г.Казань, Россия, E-mail: airatlat@mail.ru*

**Аннотация.** В работе отражены основные результаты изучения оползневой опасности на территории города Иннополис, включающие полевые и лабораторные исследования, оценку степени устойчивости склонов. Выполнен региональный краткосрочный прогноз оползневой опасности с использованием цифровой модели геологической среды с применением метода инженерно-геологической аналогии: проведено инженерно-геологическое районирование; с использованием эталонных участков рассчитаны критические значения уклонов поверхности для выделенных типов грунтовых толщ и разных режимов влажности; выполнена экстраполяция полученных данных с последующей верификацией и коррекцией прогноза. На основе выполненного прогноза обосновано создание наблюдательной сети за склоновыми процессами.

**Abstract.** The paper reflects the main results of exploring the landslide hazard threatening of the Innopolis city territory, including a field and laboratory studies, assessment of the slope stability. A regional short-term landslide hazard forecast was performed using a digital model of geological medium and the method of engineering-geological analogy: an engineering-geological zoning was conducted; using data from standard areas, the critical values of surface slopes were calculated for the identified types of soils and different types of humidity; the obtained data was extrapolated, verified and corrected. On the basis of the forecast, the creation of a network monitoring for slope processes is proved.

В настоящее время идёт активное освоение приустьевой части р. Свияги, расположенной в Верхнеуслонском районе Республики Татарстан: начиная с 2005 г. здесь создан и постоянно реконструируется уникальный горнолыжный спортивно-оздоровительный комплекс (ГСОК) «Казань», летом 2012 г началось строительство нового города – IT-центра с разветвленной бизнес-инфраструктурой (технопарки, центры разработок и т.д.) – Иннополиса.

Несмотря на удачное расположение Иннополиса и ГСОК (близость г. Казани и трассы М-7), исследуемая территория характеризуется весьма сложными инженерно-геологическими условиями. Наличие мощной толщи глинистых грунтов (природных и техногенных), сложные гидрогеологические условия, а также большая расчленённость рельефа (склоны р.Свияги и многочисленных овражно-балочных систем) предопределили развитие здесь склоновых процессов.

В 2012 году на основании договора с Министерством экологии и природных ресурсов Республики Татарстан Казанский (Приволжский) федеральный университет выполнил работу по комплексной оценке оползневой опасности [1], необходимой для создания условий безопасной эксплуатации территории