

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ГЛИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Е.С. Василенко

Научный руководитель доцент А.Н. Никитенков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Статья посвящена методике определения влажности грунта при помощи сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения, применение которой на практике позволит решить задачи повышения ресурсоэффективности геотехнических изысканий за счет снижения энерго- и ресурсоемкости лабораторных исследований, а также их ускорения путём снижения трудоемкости и, как следствие, снижения себестоимости. Исследование типичных и широко распространенных на территории Западной Сибири грунтов разного состава, в том числе органических и органоминеральных, является отличительной особенностью данной статьи и делает ее весьма актуальной. Работа содержит сравнение и анализ результатов исследований влажности грунтов, полученных с использованием как стандартных методов, так и сушки в микроволновой печи, а также рекомендации по применению метода СВЧ для сушки грунтов.

Важнейшей задачей при обеспечении динамичного развития современной экономики является повышение ресурсоэффективности всех отраслей производства и, в частности, строительства, одним из важнейших этапов которого являются инженерно-геологические изыскания. При их проведении одним из основных направлений, по решению данной задачи, является сокращение времени испытаний грунтов и увеличения объемов работ в полевых и лабораторных условиях за счет ускоренной сушки дисперсных грунтов при подготовке проб перед определением его гранулометрического состава, коэффициентов фильтрации, углов естественного откоса, плотности частиц грунта, градуировке радиоизотопных приборов (плотномеров, влагомеров), определении показателей влажности перед механическими испытаниями и многих других характеристик грунтов. В международной практике для сушки грунтов широко используются СВЧ-печи бытового назначения, что значительно сокращает время определения влажности грунтов, снижает стоимость испытаний и оборудования, поэтому особый интерес вызывает сравнительный анализ определения влажности разных грунтов в микроволновых печах и сушильных шкафах.

Целью данной работы являлось изучение процесса сушки глинистых, органических и органоминеральных грунтов в микроволновых печах для определения их влажности. Задачи включали: обзор отечественных и зарубежных работ, посвященных методикам тестирования влажности грунтов; выявление и описание особенностей сушки глинистых грунтов и органических грунтов, опробование и лабораторные испытания по определению классификационных показателей состава и физических свойств грунтов, определение и сопоставление их влажности при сушке в микроволновой и конвекционной печи, составление кратких рекомендаций по применению микроволновой печи для ускоренной сушки тонкодисперсных грунтов.

В рамках данной работы авторами исследованы типичные для Западносибирского региона глинистые и заторфованные грунты. В соответствии с методиками [3-6, 15, 20-22] были определены: влажность (w), содержание органики (I_r) и влажность на границе раскатывания и текучести (w_L и w_p) глинистых и заторфованных грунтов.

Испытания проводились по нескольким схемам: для одного грунта при разной влажности в навесках с разной массой; при разной влажности в одинаковых навесках; при одинаковой влажности и при влажности на границе раскатывания методом прессования [4].

В ходе наблюдений за процессом сушки отмечено, что практически для всех рассмотренных образцов характерно интенсивное испарение с самого начала. При этом на данный этап приходится от 30% (большая часть проб) до 80% от времени проведения испытания, что определяется как исходной влажностью образца, так и его начальной массой. Характерно, что сразу после начала сушки на образцах глинистых грунтов образуется плотная сухая корка, и дальнейшее испарение через неё происходит с сильным разогревом образца. При этом целесообразно перемешивание грунта после первого взвешивания для придания ему формы, обеспечивающей большую площадь испарения. Во всех испытаниях не наблюдалось увеличение массы грунта при повторных взвешиваниях.

Для глинистых грунтов испытания дали положительные результаты: в подавляющем большинстве разброс значений влажности соответствует требованиям нормативов к результатам параллельных определений показателя при сушке в конвекционной и СВЧ-печи. Превышены допустимые диапазоны для навески массой в 15 г, по-видимому, ее не достаточно для достоверности результата глины с естественной влажностью. В то же время для образца массой 9-10 г (после прессования) получен приемлемый разброс значений.

Результаты исследований заторфованных грунтов показали, что разброс значений влажности при сушке в микроволновой печи в большинстве случаев не выше, чем при сушке в конвекционной. 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% [4], влаги – 1% [5]). Анализируя полученные данные определения влажности глин обоими методами, необходимо отметить хорошую воспроизводимость полученных результатов, а также то, что разброс значений, получаемых с помощью СВЧ-метода сопоставим с разбросом «стандартного» метода сушки в конвекционной печи. Проведенные испытания позволили составить несколько рекомендаций по методике определения влажности с применением СВЧ-печей для связных грунтов.

Применение микроволновой печи исключает использование металлической посуды, поэтому рекомендуется использовать фарфоровые контейнеры, образцы также должны иметь низкое содержание электропроводящих минералов.

Оптимальная масса навески рекомендуется в интервале от 20 до 50 г, что соответствует действующим нормативам. Для определения влажности на границе раскатывания достаточно навески в 5-10 г. Оптимальная масса навески определяется исходной водонасыщенностью грунта и находится в интервале от 15–50 г для средне-, сильноразложившихся торфов и органоминеральных грунтов, для слабообразованных водонасыщенных торфов рекомендуется использовать навески массой более 100 г при числе проб не более 2–3 штук. При массовых определениях влажности рациональнее применять ускоренный метод согласно [6].

Рекомендуемое время сушки для определения влажности – 10-15 минут и более – для глин с высоким содержанием влаги (40-50%); для заторфованных грунтов – 10 минут; для определения гигроскопической влажности, влажности супесей, влажности на границе раскатывания для всех разновидностей глинистых грунтов – 5 минут. Интервалы между повторными взвешиваниями – 1-2 минуты. 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.

Интенсифицировать процесс сушки грунтов позволит увеличение площади испарения испытываемых образцов путём раскатки их тонким слоем и нанесения на поверхности борозд с использованием шпателя, а также путём их перемешивания при повторных взвешиваниях.

Таким образом, результаты исследования подтвердили, что бытовые микроволновые печи являются эффективным средством для быстрого определения влажности глинистых грунтов, поскольку тестирование проводится в более короткие сроки, и полученные данные не менее точны, чем при использовании сушильных шкафов. Положительным моментом работы является то, что при сушке в печах СВЧ вес образца не увеличивался при повторных взвешиваниях, что повышает точность определений влажности. Авторы надеются, что предложенные рекомендации позволят шире применять использовать недорогую технику, как в полевых, так и в лабораторных условиях и возможно включить методику определения влажности СВЧ-методом в актуализированную версию ГОСТ 5180, как дополнительный метод.

Литература

1. ГОСТ 30416–2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
2. ГОСТ 5180–84 Грунты методы лабораторного определения физических характеристик.
3. ГОСТ 11305–2013 Торф. Методы определения влаги.
4. ГОСТ 19723–74 Торф. Метод определения содержания влаги в залежи.
5. ASTM D 4643–08. Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by Microwave Oven Heating.
6. ГОСТ 26213–91 Почвы. Методы определения органического вещества.
7. ГОСТ 27784–88. Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв.
8. ГОСТ 11306–2013 Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности.

ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОНЫ ГИПЕРГЕНЕЗА ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

В.А. Вербовская, О.В. Омельченко

Научный руководитель профессор В.Г. Попов

Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия

Зона гипергенеза Южного Предуралья мощностью до 800 м сложена карбонатно-терригенной формацией пермского возраста в составе татарского, казанского, уфимского, кунгурского, артинского, сахмарского и ассельского ярусов. Они соответствуют водоносным комплексам, в составе которых выделяется более 10 водоносных горизонтов, приуроченных к песчаникам, алевролитам, известнякам и доломитам, разделенных относительно водоупорными глинами, аргиллитами, глинистыми и кремнистыми разностями карбонатных пород. Эта сложно построенная в литолого-фациальном отношении толща залегает в гидрогеодинамических зонах активного и затрудненного водообмена, граница между которыми определяется глубиной врезки долин рек системы Белой и Камы.

В верхней зоне мощностью 50-250 м, сложенной породами различного возраста, направление движения подземных вод (ПВ) контролируется тектоническим и орографическим факторами. В ней градиенты латеральной фильтрации (J_l) без- и субнапорных ПВ составляют 0,005-0,01, скорости движения (U_l) – $n \cdot (10-10^3)$ м/год, сроки полного водообмена (τ) – $n \cdot (10-10^2)$ лет. Здесь в окислительной геохимической среде (Eh +100...+650 мВ) за счет процессов экстракции карбонатных солей и гипса, гидролиза, обменной адсорбции, смешения и др. формируются кислородно-азотные $\text{HCO}_3\text{-Mg-Ca}$ и $\text{HCO}_3\text{-Na}$ ПВ с минерализацией (M) до 1,0-1,5 г/дм³, а также $\text{SO}_4\text{-Mg-Ca}$ с M до 3,0-5,0 г/дм³.

В зоне затрудненного водообмена на большей части региона залегают терригенные глинистые уфимские отложения мощностью до 300 м и более. Гидрогеодинамические параметры зоны: J_l – 0,001-0,005, U_l – n -м/год, τ – $n \cdot 10^3$ лет. В ней распространены напорные солоноватые и соленые азотные $\text{SO}_4\text{-Na}$ и $\text{SO}_4\text{-Cl-Ca-Na}$ ПВ с M 3-40 г/дм³, образующиеся в окислительных и слабо восстановительных условиях (Eh +250...–150 мВ) в основном в результате выщелачивания гипса и катионного обмена в системе « $\text{SO}_4\text{-Ca}$ вода – адсорбированный Na^+ ».