

ТЕРМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ УДМУРТИИ

СУКСИН Н. Е., ПЕТРОВ В. Г., ШУМИЛОВА М. А.

Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН,
426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34

АННОТАЦИЯ. Проведено термическое исследование почв, характерных для Удмуртской Республики, двумя различными методами. В качестве характеристики сравнения была выбрана зольность. Установлено, что существует корреляция между количеством органического вещества в почвах и количеством выделившейся теплоты в процессе их нагрева. Отмечено, что значения зольности, полученные в результате экспериментов, имеют минимальное расхождение, при этом термогравиметрический метод по сравнению со стандартным дает более точное значение показателя зольности почвы. Определены достоинства и недостатки обоих методов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зольность почв, дериватография, термогравиметрия.

ВВЕДЕНИЕ

Ранее были проведены исследования особенностей поведения различных загрязняющих веществ (ЗВ) в почвах, характерных для Удмуртской Республики [1]. В ходе эксперимента было установлено существенное влияние состава почвы на поведение ЗВ в ней, в частности, на подвижность поллютантов под воздействием атмосферных осадков в виде дождя [2]. Данное явление обусловлено адсорбционными свойствами почв, зависящими от состава почвенного поглощающего комплекса. Органическая часть почв также оказывает значительное влияние на особенности поведения ЗВ [3].

Целью представленной работы является изучение возможности использования метода термогравиметрии (ТГ) и дифференциально-термического анализа (ДТА) для исследования почв [4]. Для осуществления поставленной цели был исследован процесс озоления дерново-подзолистой, дерново-карбонатной и серой лесной почв методом дериватографии и стандартным методом.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Термические исследования зольности почв методом ДТА и ТГ проводили с использованием прибора "Shimadzu-DTG-60H": нагрев образцов осуществляли в атмосфере воздуха в интервале температур 25 – 500 °С при скорости нагрева 3 °С/мин [5].

Для сравнения определение зольности стандартным методом по ГОСТ 27784-88 осуществляли нагрев почвенных образцов в муфельной печи в атмосфере воздуха при температуре 500 °С в течение 3 ч. Зольность вычисляли по разнице массы образца до и после нагрева [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Дериватограмма, полученная для образца серой лесной почвы, приведена на рис. 1. Дериватограммы других типов почвы обладают аналогичным характером, однако их экзотермические эффекты [7, 8], обусловленные окислением органической части, которое вызывает потерю массы образца, менее выражены.

Экспериментальные данные, полученные в результате обработки снятых дериватогамм, приведены в табл. 1. Содержание органической части почвы определяли по разнице между образцом (100 %) и его содержанием неорганической части (зольности).

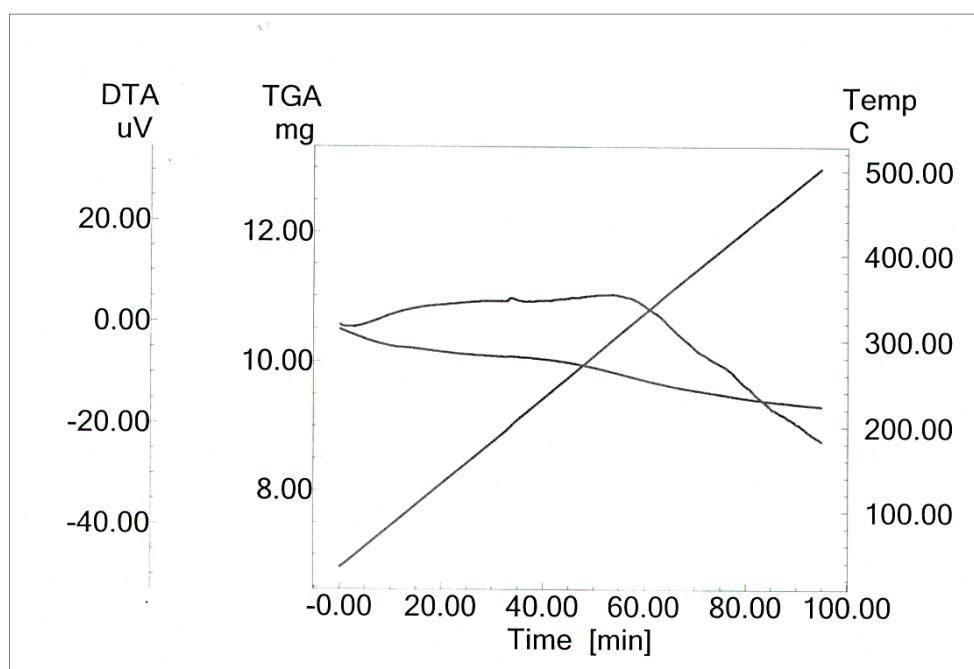


Рис. 1. Дериватограмма серой лесной почвы

Согласно полученным данным (табл. 1) нагревание исследуемых типов почвы до 500 °С при определении зольности в соответствии с ГОСТ 27784-88 не требуется, поскольку выше 350 °С окисление органической части почвы (озоление) заканчивается и начинается разложение неорганической части, что может внести погрешность в результаты исследования [9, 10].

Таблица 1

Параметры процесса озоления почв (метод ДТА и ТГ)

Температурный диапазон окисления органической части почвы, °С	Количество выделившейся энергии при окислении органической части почвы, кДж/г	Температура максимальной скорости окисления, °С	Зольность, %	Органическая часть, %
Серая лесная почва				
65.9 – 352.5	2.19	182.7	93.56	6.44
Дерново-карбонатная выщелоченная почва				
62.7 – 327.6	1.91	189.9	95.98	4.02
Дерново-подзолистая почва				
62.0 – 337.9	1.73	183.5	96.26	3.74

Полученные результаты (табл. 1) свидетельствуют о существовании корреляции между органической частью почвы и количеством выделяющейся теплоты при озолении, что представлено в графической зависимости на рис. 2. Исходя из экспериментальных данных, мы полагаем, что тепловой эффект позволяет оценить содержание органической части почвы [11].

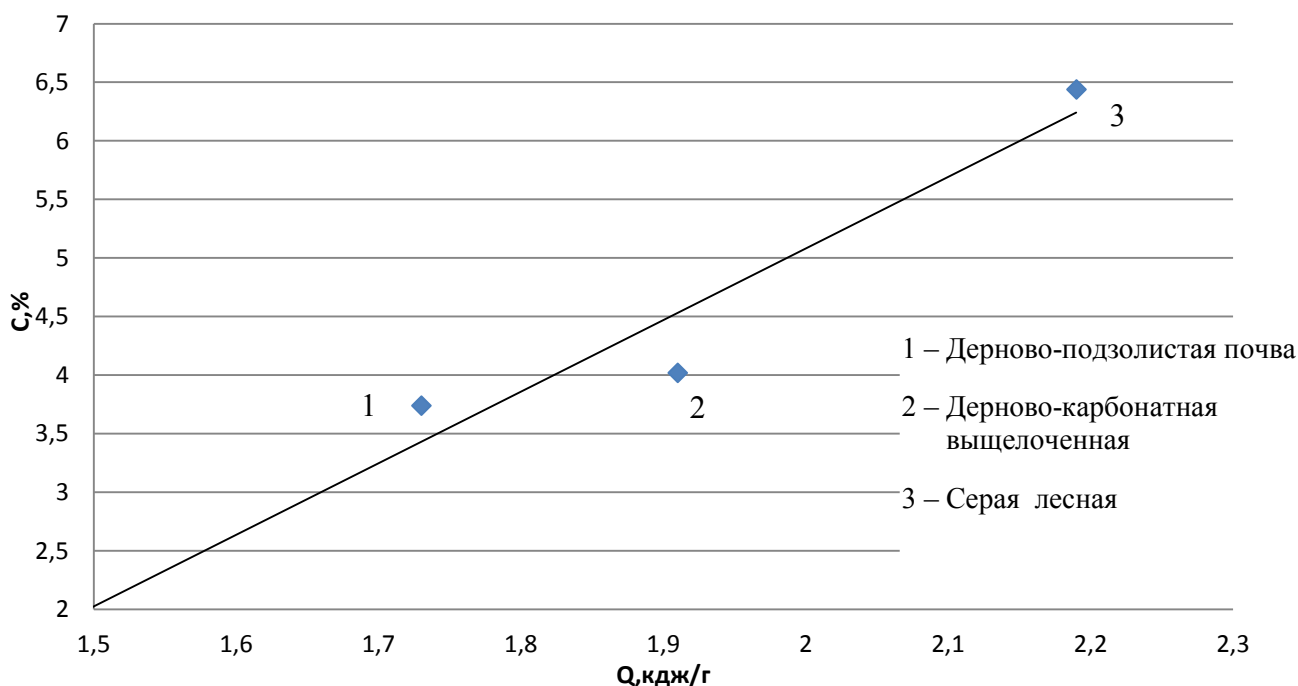


Рис. 2. Зависимость содержания органической части в почве от количества выделившейся теплоты

Результаты определения зольности в исследуемых образцах почв по ГОСТ 27784-88 приведены в табл. 2.

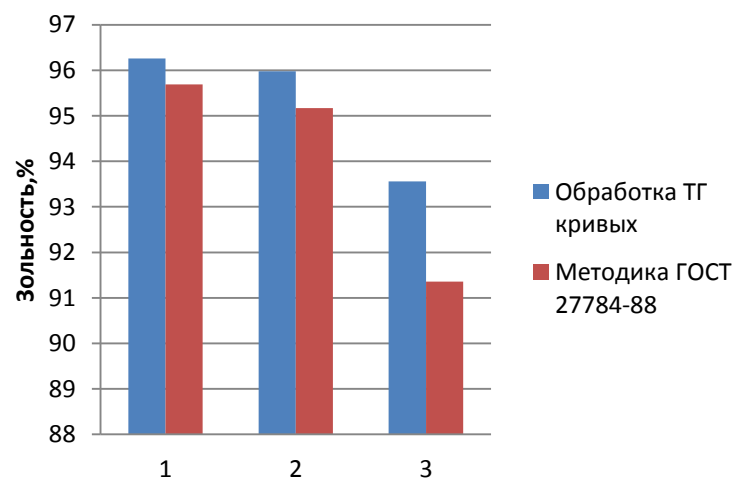
Таблица 2

Зольность почв (стандартный метод)

Почва	Зольность, %
Серая лесная	91.36
Дерново-карбонатная выщелоченная	95.17
Дерново-подзолистая	95.69

Сравнение значений зольности, полученных двумя методами, представлено на рис. 3. Как следует из экспериментальных данных (табл. 1 и 2, рис. 3), расхождение между результатами двух методов минимальное и составляет ~ 1 – 2 %.

Из рис. 3 видно, что результат термогравиметрических исследований дает более высокие значения зольности, обусловленные, как было указано выше, тем, что в ГОСТ 27784-88 при температуре 500 °С частично происходит разложение неорганической части почвы, а это приводит к заниженным показателям зольности, и не связано с процессом озоления [12].



1 – дерново-подзолистая почва;
2 – дерново-карбонатная выщелоченная; 3 – серая лесная

Рис. 3. Результаты зольности, полученные двумя методами

ВЫВОДЫ

Проведено сравнение двух различных методов определения зольности почв. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что величина зольности почв может быть определена как по методике, приведенной в ГОСТ 27784-88, так и по данным, полученным в результате обработки дериватограмм исследуемых почв, поскольку расхождение между полученными значениями минимально. Тем не менее, результаты дериватографических исследований позволяют более точно определить показатель зольности исследуемых почв при доступности этого метода для лабораторий. К достоинствам метода определения зольности по ТГ кривым можно также отнести экспрессность анализа и возможность определения зольности при более низких температурах. К недостаткам метода определения зольности по ТГ кривым относится невозможность проведения двух параллельных экспериментов одновременно. Использование ДТА анализа позволяет сделать оценку количества органического вещества в почве, так как имеется корреляция между выделившимся теплом в результате окисления органики и её содержанием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров В. Г., Шумилова М. А. Поведение арсенита натрия в почвах Удмуртии. Ижевск: Изд-во Института механики УрО РАН, 2016. 175 с.
2. Петров В. Г., Шумилова М. А. Подход к санации химически загрязненных территорий с использованием физической модели поведения загрязняющих веществ в почве // Химическая безопасность. 2019. Т. 3, № 2. С. 160-169.
3. Петров В. Г., Шумилова М. А. Способ изучения в лабораторных условиях подвижности техногенных загрязнений в почве // Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т. 14, № 2. С. 249-252.
4. Шнее Т. В., Кончиц В. А., Шевченко А. А., Белопухов С. Л. Исследование коллоидно-химических свойств зональных и солонцовых почв омской области // Бутлеровские сообщения. 2010. Т. 21, № 7. С. 74-77.
5. Болатов А. А., Черников В. А., Лукин С. М. Дериватографический метод изучения гумусового состояния дерново-подзолистых супесчаных почв // Агрехимический вестник. 2010. № 3. С. 38-40.
6. Siewert C. Rapid screening of soil properties using thermogravimetry // Soil Science Society of America Journal, 2014, vol. 68(5), pp. 1656-1661.
7. Mostovaya A. S. Using the method of thermogravimetry and derivatography to determine soil properties // Материалы международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. С. 339-342.

8. Шапченкова О. А., Краснощеков Ю. Н., Лоскутов С. Р. Использование методов термического анализа для оценки органического вещества почв, пройденных пожарами // Почвоведение. 2011. № 6. С. 738-747.

9. Шнее Т. В., Маслова М. Д., Старых С. Э. Использование термического анализа при исследовании минералогического состава почв // Материалы Международной научно-практической конференции "Реализация методологических и методических идей профессора Б.А. Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия". М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. С. 385-390.

10. Leal O. A., Dick D. P., Lombardi K. C., Maciel V. G., Gonzales-Perez J. A., Knicker H. Soil chemical properties and organic matter composition of a subtropical cambisol after charcoal fine residues incorporation // Journal of Soil and Sediments, 2015, vol. 4, pp. 805-815.

11. Fernández J. M., Leifeld J. Application of thermal analysis techniques in soil science // Geoderma, 2009, vol. 153, iss. 1-2, pp. 1-10.

12. Fernandez J. M., Peltre C., Craine J. M., Plante A. F. Improved characterization of soil organic matter by thermal analysis using CO₂/H₂O evolved gas analysis // Environmental Science and Technology, 2012, vol. 46, iss. 16, pp. 8921-8927.

Thermal Studies of Soils, Specific for Udmurtia

Suksin N. E., Petrov V. G., Shumilova M. A.

Udmurt Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Science, Izhevsk, Russia

SUMMARY. Thermal study of soils characteristic of the Udmurt Republic was carried out using two different methods. Ash content was chosen as a comparison characteristic. To achieve this goal, the process of ashing of sod-podzolic, sod-calcareous and gray forest soils was studied by the method of derivatography and the standard method. Thermal studies of the ash content of soils by the DTA and TG method were carried out using a derivatograph: the samples were heated in an air atmosphere in the temperature range of 25-500 °C at a heating rate of 3 °C/min. For comparison, the determination of ash content by the standard method was carried out by heating soil samples in a muffle furnace in an air atmosphere at a temperature of 500 °C for 3 h. The ash content was calculated from the difference in the sample mass before and after heating. It has been established that there is a correlation between the amount of organic matter in soils and the amount of heat released during heating. It is noted that the ash content of soils can be determined both by the standard method and by the data obtained as a result of processing derivatograms of the studied soils. Since the values of ash content obtained as a result of experiments have minimal discrepancy, the results of derivatographic studies make it possible to more accurately determine the ash content of the studied soils. The advantages and disadvantages of both methods are determined. The advantages of the method for determining ash content by TG curves include rapid analysis and the ability to determine ash content at lower temperatures. The disadvantages of the method for determining ash content by TG curves include the impossibility of conducting two parallel experiments simultaneously. The use of DTA analysis makes it possible to estimate the amount of organic matter in the soil, since there is a correlation between the heat released as a result of the oxidation of organic matter and its content.

KEYWORDS: ash content of soil, derivatography, thermogravimetry.

REFERENCES

1. Petrov V. G., Shumilova M. A. *Povedenie arsenita natriya v pochvakh Udmurtii* [The behavior of sodium arsenite in the soils of Udmurtia]. Izhevsk: Institut mekhaniki UrO RAN Publ., 2016. 175 p.

2. Petrov V. G., Shumilova M. A. Podkhod k sanatsii khimicheskii zagryaznennykh territoriy s ispol'zovaniem fizicheskoy modeli povedeniya zagryaznyayushchikh veshchestv v pochve [Chemically contaminated soil detoxification approach using physical model of pollutants' behavior in soil]. *Khimicheskaya bezopasnost'* [Chemical Safety Science], 2019, vol. 3, no. 2, pp. 160-169. <https://doi.org/10.25514/CHS.2019.2.16012>

3. Petrov V. G., Shumilova M. A. Sposob izucheniya v laboratornykh usloviyakh podvizhnosti tekhnogennykh zagryazneniy v pochve [Way of studying in laboratory conditions of mobility of technogenic pollutions in soil]. *Khimicheskaya fizika i mezoskopiya*. [Chemical Physics and Mesoscopy], 2012, vol. 14, no. 2, pp. 249-252.

4. Shnee T. V., Konchits V. A., Shevchenko A. A., Belopukhov S. L. Issledovanie kolloidno-khimicheskikh svoystv zonal'nykh i solontsovykh pochv omskoy oblasti [Research of colloidal-chemical properties of zonal and saline soils of omsk region]. *Butlerovskie soobshcheniya* [Butlerov Communications], 2010, vol. 21, no. 7, pp. 74-77.

5. Bolatov A. A., Chernikov V. A., Lukin S. M. Derivatograficheskiy metod izucheniya gumusovogo sostoyaniya derno-podzolistykh supeschanykh pochv [Derivative-graphical method of humus condition of sod-podzol sandy-loam soil researches]. *Agrokhimicheskii vestnik* [Agrochemical Herald], 2010, no. 3, pp. 38-40.

6. Siewert C. Rapid screening of soil properties using thermogravimetry. *Soil Science Society of America Journal*, 2014, vol. 68(5), pp. 1656-1661. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1656>

7. Mostovaya A. S. Using the method of thermogravimetry and derivatography to determine soil properties. *Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya V.P. Goryachkina* [Materials of the international scientific conference of young scientists and specialists dedicated to the 150th anniversary of the birth of V.P. Goryachkina]. Moscow: RGAU-MSKhA Publ., 2018, pp. 339-342.

8. Shapchenkova O. A., Krasnoshchekov Y. N., Loskutov S. R. Application of the methods of thermal analysis for the assessment of organic matter in postpyrogenic soils. *Eurasian Soil Science*, 2011, vol. 44, no. 6, pp. 677-685. <https://doi.org/10.1134/S1064229311060123>

9. Shnee T. V., Maslova M. D., Starykh S. E. Ispol'zovanie termicheskogo analiza pri issledovanii mineralogicheskogo sostava pochv [The use of thermal analysis in the study of the mineralogical composition of soils]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Realizatsiya metodologicheskikh i metodicheskikh idey professora B.A. Dospekhova v sovershenstvovanii adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya"* [Materials of the International Scientific and Practical Conference "Implementation of the methodological and methodological ideas of Professor B.A. Dospekhova in improving adaptive-landscape farming systems"], Moscow: RGAU-MSKhA Publ., 2017. S. 385-390.

10. Leal O. A., Dick D. P., Lombardi K. C., Maciel V. G., Gonzales-Perez J. A., Knicker H. Soil chemical properties and organic matter composition of a subtropical cambisol after charcoal fine residues incorporation. *Journal of Soil and Sediments*, 2015, vol. 4, pp. 805-815. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-1040-z>

11. Fernández J. M., Leifeld J. Application of thermal analysis techniques in soil science. *Geoderma*, 2009, vol. 153, iss. 1-2, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.08.016>

12. Fernandez J. M., Peltre C., Craine J. M., Plante A. F. Improved characterization of soil organic matter by thermal analysis using CO₂/H₂O evolved gas analysis. *Environmental Science and Technology*, 2012, vol. 46, iss. 16, pp. 8921-8927. <https://doi.org/10.1021/es301375d>

Суксин Никита Евгеньевич, аспирант УдмФИЦ УрО РАН,
тел (3412) 21-89-55, e-mail: nutrelun@mail.ru

Петров Вадим Генрихович, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник,
УдмФИЦ УрО РАН, тел.(3412) 21-89-55, e-mail: petrov@udman.ru

Шумилова Марина Анатольевна, кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник,
УдмФИЦ УрО РАН, тел. (3412) 21-89-55, e-mail: mashumilova@mail.ru