



К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВЕ

© 2018 Н.Б. Наумова 

Адрес: ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,
проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: nnaumova@mail.ru

Автор привлекает внимание к участвовавшим случаям нечеткого описания методов определения содержания органического углерода почвы в научных статьях, публикуемых в отечественных изданиях, даже ведущих. Часто авторы называют общий углерод, определенный с помощью автоматических элементных анализаторов, органическим углеродом почвы, без какого-либо обоснования пренебрегая содержанием неорганического углерода - часто небольшой, но важной для многих свойств и процессов составляющей общего углерода почвы.

Ключевые слова: органический углерод почвы; неорганический углерод почвы; бихроматное окисление; CHNS-элементный анализатор

Цитирование: Наумова Н.Б. К вопросу об определении содержания органического углерода в почве // Почвы и окружающая среда. 2018. № 1(2). С.98–103.

Органическое вещество, формирующееся в почве в результате процесса разложения и трансформации растительных и микробных остатков, т.е. процесса гумификации, представляет собой сложную гетерогенную смесь полидисперсных веществ. Эти вещества играют важную роль в процессах выветривания материнской породы почвы, питания растений; в значительной степени определяют мобильность и токсичность микроэлементов, буферность почвы, биодоступность, участвуют в транспорте гидрофобных органических соединений и т.п., обеспечивая экосистемные функции и сервисы почв. Поэтому оценка содержания органического вещества является первостепенным показателем качества почвы.

Долгое время как в нашей стране, так и за рубежом основным методом определения содержания органического углерода в почве был метод бихроматного окисления, называемый методом И.В.Тюрина (Тюрин, 1931) в отечественной практике почвенных исследований или методом Уокли и Блэка (Walkly, Black, 1934) в зарубежной практике (Skjemstad, Baldock, 2008). Как и любой метод, этот метод имеет свои преимущества и недостатки, к последним из которых относится использование значительных количеств вредных для окружающей среды реактивов.

В связи с этим в практику почвенных исследований вошло и стало широко распространенным определение содержания общего углерода в почве с помощью автоматических элементных анализаторов. В этих приборах происходит сжигание очень маленькой аликвоты почвенного образца в потоке кислорода при температуре 900-1200 °С, с последующим количественным определением продукта полного окисления (в данном случае двуокиси углерода) с помощью соответствующего детектора.

Казалось бы, все легко и просто¹. Но есть методико-методологический момент, к которому хочется привлечь внимание. Наряду с органическим, в твердой фазе почвы может присутствовать и неорганический углерод в виде карбонатов, бикарбонатов, угольных частиц, образовавшихся после пожаров. Неорганический углерод, как правило, составляет очень незначительную долю от общего, т.е. от суммы органического и неорганического углерода почвы, однако при расчете запасов углерода в почве им нельзя пренебрегать по ряду причин. Так, во многих почвах абсолютное и относительное содержание карбонатов увеличивается вниз по профилю. Поскольку толщина минеральной части профиля, как правило, намного превышает толщину органо-аккумулятивной части, это повышает значимость получения оценок концентрации и запасов неорганического углерода почвы, в особенности в исследованиях, связанных с круговоротом углерода в разных экосистемах и/или с воздействием разных факторов.

¹ Если, конечно, не касаться стоимости прибора и не задумываться о том, где взять денег на его приобретение.

Вернемся теперь к использованию элементных анализаторов. Чтобы с их помощью определить содержание собственно органического углерода почвы, нужно избавиться от неорганических форм, в основном, карбонатов (Skjemstad, Baldock, 2008). Это уже отдельная работа, которая, увеличивает затраты времени и реактивов. Поэтому происходит поразительная вещь – на практике отечественные исследователи² все чаще и чаще пренебрегают наличием неорганической формы и ставят знак равенства между общим и органическим углеродом почвы! При этом читателю не предлагают ни малейших практических или теоретических обоснований такого подхода, очевидно, придерживаясь представления о том, что такая мелочь не заслуживает никакого упоминания вообще.

Приведем несколько наиболее ярких примеров такой операциональной, но концептуально совсем не рациональной, лексики. Так, в статье «Расчетный метод определения углерода в торфах и моховых подстилках лесных болот по зольности растительного субстрата» (Ефремова и др., 2016), из введения читатель узнает, что целью исследований было «выявление возможности прогнозирования содержания **органического углерода** на основе анализа его статистической связи с физико-химическими свойствами лесных торфяных почв» (там же, С.74). Заинтересованному читателю любопытно, как в торфах и моховых подстилках, т.е. богатых органическим веществом материалах, авторы определяли содержание органического углерода. Не по Тюрину же? Нет, конечно: «Содержание **углерода** определяли на элементном анализаторе FLASHTM1112 (производитель Thermo Quest Italia)» (там же, С.76). В заголовке таблицы 2 «Статистическая характеристика содержания органического углерода...» (там же, С.77) речь снова идет об **органическом углероде**. Читатель уже недоумевает – как все-таки его определяли? При этом на той же странице авторы пишут, что «Значительное варьирование показателей зольности в пределах одного болотного массива обусловлено неравномерным распределением аллювия и делювия в период торфообразования, что закономерно для торфяников пойменной группы». Можно предположить, что там есть и карбонаты, тем более что погребенные почвы и подстилающие породы участка исследований имеют щелочную реакцию (там же, С. 76). Далее по тексту и иллюстративному материалу все повторяется: в заголовке рис. 3 представлена «Пространственная вариабельность физико-химических свойств и содержания **углерода**», а заголовок таблицы 2 говорит о «...связи **органического углерода** и физико-химических показателей торфяной почвы...» (там же, С. 78). И в заключении статьи речь идет опять же об **органическом углероде** «Статистически доказана отрицательная связь содержания органического углерода и зольности растительного субстрата в диапазоне 5–68 %.» и т.п. (там же, С.82). Тут у читателя появляется мысль, что, может быть, в том анализаторе, который использовали авторы для анализа образцов торфа и подстилок, предусмотрена возможность отдельного определения органического и неорганического углерода (например, ступенчатой термогравиметрией³)? Однако, зайдя на сайт ЦКП КНЦ СО РАН, где выполняли анализ образцов, узнаем, что температуру реактора изменять нельзя, она составляет 900 °С. Таким образом, в чисто методической статье, где главным объектом исследования являлся углерод почв, авторы ни единым словом, не говоря уж об экспериментальном обосновании, не обмолвились, почему они общий углерод и органический углерод считают стопроцентными синонимами? Они, может быть, правы в том, что содержание неорганического углерода в изученных ими торфах и подстилках пренебрежимо мало, но почему – подчеркнем, в методической статье! - так прямо и не сказать?

Примеров того, что почвоведы с помощью элементных анализаторов определяют содержание органического углерода, много. Так, Пуртова и др. (2017) утверждают, что «Содержание органического углерода исследовали на элементном анализаторе Flash 2000»⁴. Вторят этому и другие исследователи: «В образцах определялось содержание органического вещества на экспресс-анализаторе АН-8012» (Самсонова и др., 2017, С. 322); «В смешанных образцах почвы ... на автоматическом CHN-анализаторе (Elementar, Германия) проводили определение содержания органического углерода» (Баева и др., 2017, С.346); «Валовое

² Или, как сейчас модно писать и говорить – операционально.

³ Такие приборы – термогравиметрические анализаторы, производят многие компании Mettler-Toledo, PerkinElmer, Leco и другие.

⁴ Авторы также пишут, что «Содержание гумуса определяли по бихроматной окисляемости методом Тюрина» (Пуртова и др., 2017, С.50). Поскольку, по их же словам, элементном анализаторе определяли содержание органического углерода, то что же тогда не позволило пересчитать его на гумус? Или авторы считают, что при бихроматном окислении определяется сразу гумус?

содержание органического углерода... определяли на анализаторе АНА-1500» (Пастухов и др., 2017, С.547); «массовую долю общего углерода органических соединений в твердой фазе почв определяли на CHNS-элементном анализаторе EA-1110 (Carlo Erba, Италия)» (Шамрикова и др., 2017, С.1326⁵); «Содержание органического углерода (Сорг) и азота (Nорг) определяли на автоматическом CHNS анализаторе Leco (США)...» (Телеснина и др., 2017, С.1520); и такого рода примеров множество.

Встречаются и всеохватывающие термины: «в образцах определяли... содержание **общего органического углерода** (Собщ)» (Костенко, 2017, С.533). Почему тогда не обозначить это Сорг, как это было до сих пор общепринято? Но апофеозом выглядит следующее: «Содержание **органического углерода** в почвенных образцах определяли способом сухого сжигания на автоматических анализаторах Leco, АН-7529, VARIO-EI, Carlo-Erba NA 1500» (Когут и др., 2011). Неужели авторы и вправду считают, что, чем больше анализаторов они привлекли в работу, тем более «органическим» становится общий углерод типичного чернозема, о котором идет речь в их статье и который может содержать вполне ощутимое количество карбонатов?

Забавно, но происходит и противоположное, а именно: некоторые исследователи начинают считать, что методом Тюрина они определяют общий углерод: «В образцах, отобранных из верхних горизонтов агрочерноземов, определяли содержание **общего углерода** методом Тюрина» (Лебедева и др., 2017, С.231); «**Общий углерод**⁶ определяли по Никитину⁷ с колориметрическим окончанием...» (Чекин, 2017, С.159).

Какова ситуация с описанием методов определения общего и органического углерода почвы в иностранных научных журналах? Обратимся к прошлогодним выпускам некоторых наиболее авторитетных в области науки о почвах журналов, например, к Soil Science Society of America Journal, European Journal of Soil Science и некоторым другим.

Так, в своей статье Кавиджелли и др. (Cavigelli et al., 2017) пишут, что «Samples were... analyzed (in duplicate) for total C... using the dry combustion method with a Leco TruMac CN instrument», т.е. «Образцы... анализировали в двух повторностях на содержание общего углерода... при сухом сжигании с помощью CN-анализатора фирмы Leco TruMac»⁸. Примечательно, однако, что далее авторы пишут следующее: «Total C was considered equivalent to organic C, since earlier analyses showed no inorganic C at this site», т.е. «Содержание общего углерода считали равным содержанию органического углерода, так как выполненные ранее анализы показали отсутствие неорганического углерода на этом участке».

Подобным же образом пишут и другие авторы: «The concentrations of total C and total N were determined using an elemental analyzer (NA 1110, CE Instruments, Milan Italy). The total C concentration determined in this way equaled the SOC concentration because the carbonate content was negligible (<0.3 g kg⁻¹)» (Huang et al., 2017), т.е. «Концентрацию общего С и общего N определяли с помощью элементного анализатора (NA 1110, CE Instruments, Milan Italy). Концентрацию общего С, определенного таким образом, считали равной концентрации органического С почвы, потому что концентрация карбонатов была пренебрежимо мала (<0,3 г кг⁻¹)».

Вот еще пример: «The total carbon, nitrogen, and sulfur concentrations were analyzed on ground samples by gas chromatography by high-temperature heating with a vario EL cube analyzer» (Hirsch et al., 2017), т.е. «Концентрацию общего углерода, азота и серы анализировали в растертых образцах путем газовой хроматографии после нагревания до высокой температуры в анализаторе vario EL».

И еще: «Total C and N samples were run in triplicate and average values used for further analysis. Inorganic C in these soils has been previously shown to be negligible ... , thus total C is equivalent to total organic C» (Collier et al., 2017), т.е. «Образцы на определение С и N прогоняли в трехкратной повторности и их среднее использовали для дальнейшего анализа. Ранее было показано, что содержание неорганического С в этих почвах пренебрежимо мало ..., и поэтому содержание общего углерода эквивалентно содержанию общего органического углерода».

Такого рода примеров – множество. Создается впечатление, что в целом зарубежные исследователи более четко описывают использованные методы и допущения, и если ставят знак

⁵ Это уж не говоря о том, что авторы «Химический анализ почв выполняли в одной повторности...» (Шамрикова и др., 2017, С.1326).

⁶ При этом далее по тексту статьи автор везде пишет про содержание Сорг.

⁷ Тут автор про Тюрина, по-видимому, забыл, упомянуть!

⁸ Здесь и далее перевод автора

равенства между содержанием общего и органического углерода, то обосновывают свое решение, проявляя уважение как к читателю, так и к своей репутации.

Проведенный анализ научных работ, опубликованных в последние годы, показал, что неточное описание методов в плане использования терминов и/или отсутствие обоснования использования того или иного термина даже в ведущих профильных изданиях приводит, как минимум, к путанице и потере времени читателями, а, как максимум, ставит под вопрос методологию и результаты таких исследований. Хочется пожелать авторам и издателям более требовательно относиться к терминологии и использованию тех или иных понятий, что, безусловно, гарантирует четкость восприятия читателями публикуемых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баева Ю.И., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Почикалов А.В., Кудеяров В.Н. Физические свойства и изменение запасов углерода серых лесных почв в ходе постагрогенной эволюции (юг Московской области) // *Почвоведение*. 2017. № 3. С.345-353.
2. Ефремова Т. Т., Аврова А. Ф., Ефремов С. П. Расчетный метод определения углерода в торфах и моховых подстилках лесных болот по **зольности** растительного субстрата // *Сибирский лесной журнал*. 2016. № 6. С. 73–83.
3. Козут Б.М., Фрид А.С., Масютенко Н.П., Куваева Ю.В., Романенков В.А., Лазарев В.И., Холодов В.А. Динамика содержания органического углерода в черноземе типичном в условиях длительного полевого опыта // *Агрoхимия*. 2011. № 12. С.37-44.
4. Костенко И.В. Связь показателей гумусного состояния лесных и луговых почв с высотой местности на главной гряде Крымских гор // *Почвоведение*. 2017. № 5. С.532-543.
5. Лебедева И.И., Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Гребенников А.М., Маркина Л.Г. Структурное состояние миграционно-мицелярных (типичных) агрочерноземов Каменной степи в условиях разновозрастной пашни // *Почвоведение*. 2017. № 2. С.227-238.
6. Пастухов А.В., Марченко-Вагапова Т.И., Каверин Д.А., Кулижский С.П., Кузнецов О.Л., Панов В.С. Динамика развития бугристых торфяников на южной границе Восточно-Европейской криолитозоны // *Почвоведение*. 2017. № 5. С.544-547.
7. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М., Щапова Л.Н. Оценка гумусного состояния и продуцирования CO₂ почвами природных и антропогенных ландшафтов юга Дальнего Востока России // *Почвоведение*. 2017. № 1. С.48-55.
8. Самсонова В.П., Благовещенский Ю.Н., Мешалкина Ю.Л. Использование эмпирического байесовского кригинга для выявления неоднородностей распределения органического углерода на сельхозугодьях // *Почвоведение*. 2017. № 3. С.321-328.
9. Телеснина В.М., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Овсепян Л.А., Личко В.И., Ермолаев А.М., Мирин Д.М. Динамика свойств почв и состава растительности в ходе постагрогенного развития в разных климатических зонах // *Почвоведение*. 2017. №12. С.1514-1534.
10. Тюрин И.В. Новое видоизменение объемного метода определения гумуса с помощью хромовой кислоты // *Почвоведение*. 1931. №5-6. С. 36-47.
11. Чекин Г.В. Некоторые параметры гумусного состояния пойменных почв верхнего течения реки Десны // *Известия КГТУ*. 2016. №41. С.157-164.
12. Шамрикова Е.В., Денева С.В., Кубик О.С., Пунегов В.В., Кызьюрова Е.В., Боброва Ю.И., Зуева О.М. Кислотность органогенных горизонтов арктических почв побережья Баренцева моря // *Почвоведение*. 2017. №11. С.1325-1335.
13. Cavigelli M. A., Nash P. R., Gollany H. T., Rasmann C., Polumsky R. W., Le A. N., Conklin A. E. Simulated Soil Organic Carbon Changes in Maryland Are Affected by Tillage, Climate Change, and Crop Yield // *J. Environ. Qual.* 2017.
14. Collier S. M., Ruark M. D., Naber M. R., Andraski T. W., Casler M. D. Apparent Stability and Subtle Change in Surface and Subsurface Soil Carbon and Nitrogen under a Long-Term Fertilizer Gradient // *SSSAJ*. 2017. V.81. P.310-321.
15. Hirsch F., Raab T., Ouimet W., Dethier D., Schneider A., Raab A. Soils on Historic Charcoal Hearths: Terminology and Chemical Properties // *SSSAJ*. 2018 V. 81. P.1427-1435.
16. Huang X., Feng C., Zhao G., Ding M., Kang W., Yu G., Ran W., Shen Q. Carbon Sequestration Potential Promoted by Oxalate Extractable Iron Oxides through Organic Fertilization // *SSSAJ*. 2018. V.81. P.1359-1370.
17. Skjemstad J.O., Baldock J.A. Total and Organic Carbon / Soil Sampling and methods of Analysis. 2nd edition. Boca Raton: CRC Press; 2008. 836 p.
18. Walkley A., Black I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method // *Soil Sci*. 1934. V.37. P.29–38.

Поступила в редакцию 26.02.2018; принята 06.03.2018; опубликована 23.06.2018

Сведения об авторе:

Наумова Наталья Борисовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБУН Института почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия), nnaumova@mail.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

WRITING ABOUT ORGANIC CARBON DETERMINATION IN SOIL

© 2018 N.B. Naumova

Address: Institute of Soil Science and Agro chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia. E-mail: nnaumova@mail.ru

The article draws attention to increasing incidents of confusing description of organic carbon determination methods in soil research articles, published even in Eurasian Soil Science, the leading journal in the field in Russia, i.e. when authors refer to the total soil carbon measured by automated elemental analysers as soil organic carbon, without any justification neglecting soil inorganic carbon, often small but important for many soil properties and processes fraction of total soil carbon.

Key words: soil organic carbon; soil inorganic carbon; dichromate oxidation; CHN analyzer

How to cite: Naumova N.B. Writing about organic carbon determination in soil // *The Journal of Soils and Environment*. 2018. 1(2): 98–103. (in Russian with English abstract)

REFERENCES

1. Baeva Y.I., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Kudiyarov V.N., Pochikalov A.V. Changes in physical properties and carbon stocks of gray forest soils in the southern part of Moscow region during postagrogenic evolution), *Eurasian Soil Sci.*, 2017, V. 50, No3, p. 327-334.
2. Efremova T.T., Avrova A.F., Efremov S.P. Calculation method for determination of carbon in the peat and moss litter of forest swamps by ash content of plant substrates, *Siberian Forest Journal*, 2016, No6, p.73–83. (in Russian)
3. Kogut B.M., Frid A.S., Masjutenko N.P., Kuvaeva J.V., Romanenkov V.A., Lazarev V.I., Kholodov V.A. Dynamics of Organic Carbon in Typical Chernozem under Condition of a Long-Term Experiment, *Agrochemistry*, 2011, No12, p.37-44. (in Russian)
4. Kostenko I.V. Relationship between humus status of forest and meadow soils with altitude on the main ridge of the Crimean Mountains, *Pochvovedenie*, 2017, No.5, p.532-543. (in Russian)
5. Lebedeva I.I., Grebennikov A.M., Markina L.G., Cheverdin Y.I., Titova T.V.. Structural state of migrational-mycelial (typical) agrochernozems of the Kamennaya Steppe on plowed fields of different ages, *Eurasian Soil Sci.* 2017, V. 50, No. 2, p. 218-228.
6. Pastukhov A.V., Marchenko-Vagapova T.I., Kaverin D.A., Kulizhsky S.P., Kuznetsov O.L., Panov V.S. Dynamics of peatlands development at the south border of the East European cryolithozone, *Pochvovedenie*, 2017, No. 5, p.532-543. (in Russian)
7. Purtova L.N., Kostenkov N.M., Shchapova L.N. Assessing the humus status and CO₂ production in soils of anthropogenic and agrogenic landscapes in southern regions of the Russian Far East, *Eurasian Soil Science*, 2017, V. 50, No.1, p. 42-48.
8. Samsonova V.P., Blagoveshchenskii Y.N., Meshalkina Y.L. Use of empirical Bayesian kriging for revealing heterogeneities in the distribution of organic carbon on agricultural lands, *Eurasian Soil Sci.*, 2017, V. 50, No.3, p. 305-311.
9. Telesnina V.M., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Ovsepyan L.A., Lichko V.I., Ermolaev A.M., Mirin D.M. Dynamics of soil properties and vegetation composition in course of postagrogenic development in various climatic zones, *Pochvovedenie*, 2017, No.12, p.1514-1534. (in Russian)
10. Tyurin I.N. Novel transformation of the volumetric method to determine humus using chromic acid, *Pochvovedenie*, 1931, No.5-6, p. 36-47. (in Russian)
11. Chekin G.V. Some parameters of humus status in floodplain soils of the upper Desna area, *Proc. of the KGTU*, 2016, No.41, p.157-164. (in Russian)
12. Shamrikova E.V. Deneva S.V., Kubik O.S., Punegov V.V., Kyzurova E.V., Bobrova Y.I., Zueva O.M. Acidity of organic horizons of arctic soils at the Barentz Sea shore, *Pochvovedenie*, 2017, No.11, p.1325-1335.

13. *Cavigelli M. A., Nash P. R., Gollany H. T., Rasmann C., Polumsky R. W., Le A. N., Conklin A. E.* Simulated Soil Organic Carbon Changes in Maryland Are Affected by Tillage, Climate Change, and Crop Yield, *J. Environ. Qual.*, 2017.
14. *Collier S. M., Ruark M. D., Naber M. R., Andraski T. W., Casler M. D.* Apparent Stability and Subtle Change in Surface and Subsurface Soil Carbon and Nitrogen under a Long-Term Fertilizer Gradient, *SSSAJ*, 2017, *V.81*, p.310-321.
15. *Hirsch F., Raab T., Ouimet W., Dethier D., Schneider A., Raab A.* Soils on Historic Charcoal Hearths: Terminology and Chemical Properties, *SSSAJ*, 2018, *V. 81*, p.1427-1435.
16. *Huang X., Feng C., Zhao G., Ding M., Kang W., Yu G., Ran W., Shen Q.* Carbon Sequestration Potential Promoted by Oxalate Extractable Iron Oxides through Organic Fertilization, *SSSAJ*, 2108, *V.81*, p.1359-1370.
17. *Skjemstad J.O., Baldock J.A.* Total and Organic Carbon. / Soil Sampling and methods of Analysis. 2nd edition. Boca Raton: CRC Press; 2008. 836 p.
18. *Walkley A., Black I.A.* An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil Sci.*, 1934, *V.37*, p.29–38.

Received 26 February 2018;

Accepted 06 March 2018;

Published 23 June 2018.

About the author:

Naumova Natalia B. – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Agrochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia), nnaumova@mail.ru

The author read and approved the final manuscript.



The article are available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).