

3. Гоголев И. Н., Баер Р. А., Кулибабин А. Г. и др. Орошение на Одессине. Почвенно-экологические и агротехнические аспекты / Науч.ред. И. Н. Гоголев, В. Г. Друзьяк. Одесса: Ред.- изд. Отдел, 1992. 436 с.
4. Перельман. А. И. Геохимия ландшафта. Москва, 1975. 342 с.
5. Позняк С. П. Орошаемые черноземы юго-запада Украины. Львов: ВНТЛ, 1997. 240 с.
6. Судницын И. И. Перспективы использования лизиметров при изучении почвенных процессов // Почвоведение. 2008. №10. с. 1279–1280.
7. Тригуб В. І., Позняк С. П. Фтор у чорноземах південного заходу України: Монографія. Львів: ЛНУ, 2008. 148 с.
8. Халитов А. Х., Розин В. И. О необходимости исключения фтора из состава минеральных удобрений. Москва: Наука, 1980. С. 84-90.
9. Яковлев А. С., Каниский М. А., Терехова В. А. Экологическая оценка почвогрунтов, подверженных воздействию фосфогипса // Почвоведение. 2013. № 6. С. 737–743.

ЭКСТРАГИРУЕМОЕ И МИНЕРАЛИЗУЕМОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ И ТОРФОВ ¹⁰

А.С. Тулина ¹, Е.А. Головацкая ², Л.Н. Лученок ³

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино; ²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск; ³Институт мелиорации» НАН РБ, Минск

Подвижность почвенного органического вещества (ПОВ), как правило, оценивают по его экстрагируемости различными химическими растворителями, в частности, раствором соли (0,5н K₂SO₄) и щелочи (0,1н. NaOH). Определение солеэкстрагируемого углерода (Сс) позволяет установить долю растворимого, свободного, не защищенного, быстро минерализуемого ПОВ. Эта фракция углерода составляет малую часть ПОВ – около 1% от Сорг [1–4]. Для Сс характерно короткое, от нескольких часов до нескольких суток, время полного обновления. Значительная часть щелочеекстрагируемого углерода (Сщ) представлена, по-видимому, компонентами, которые участвуют в формировании супрамолекулярных структур гуминовых веществ и образуют медленный пул ПОВ со временем оборота от 3–10 до 100 лет [5]. Чем больше в общем органическом углероде (Сорг) доля фракции Сщ, и чем шире отношение фракций Сщ:Сс в подвижном пуле ПОВ, тем выше степень его химической защищенности.

¹⁰ Работа выполнена в рамках государственного задания «Исследование почвенных предшественников, источников и стоков парниковых газов в связи с климатическими изменениями», рег. №АААА-А18-118013190177-9.

Определение фракций Сс и Сн подвижного пула ПОВ не позволяет оценить доступность ПОВ почвенным микроорганизмам, поэтому не следует приравнивать извлекаемое различными экстрагентами органическое вещество к его минерализуемому пулу.

Экстрагируемое ПОВ может быть недоступно для микробного разложения из-за наличия физических барьеров, а легко минерализуемое ПОВ не всегда является экстрагируемым. Для оценки минерализуемого пула ПОВ биокинетическим методом необходимы данные продолжительной, как правило, 150-суточной инкубации, в то время как определение содержания экстрагируемых фракций ПОВ гораздо менее продолжительно. Весьма актуальным представляется выявление количественных соотношений между фракциями подвижного и минерализуемого пулов углерода для как можно более представительного ряда объектов разного генезиса и с различным содержанием Сорг.

Целью исследования было определить содержание солеэкстрагируемого и щелочекстрагируемого углерода в верховых торфах, отобранных на трех объектах с различным уровнем болотных вод, и формирующихся под различными растительными сообществами, в низинном торфе, четырех органогенных почвах и четырех минеральных почвах, и сопоставить полученные данные с содержанием потенциально-минерализуемого углерода в этих объектах. Краткая характеристика объектов исследования приведена в таблице 1.

Исследования проведены с образцами верхового торфа, низинного торфа и сформированных на нем почв, оподзоленного чернозема, дерново-подзолистой почвы, темно-каштановой почвы, серой лесной почвы. Образцы почв были отобраны из слоя 0–20 см, а торфов – 0–25 см.

Содержание общего органического углерода в образцах торфов и почв измеряли на элементном анализаторе Leco CHNS-932 (США). Содержание солеэкстрагируемого (извлекаемого 0,5н K_2SO_4) углерода определяли бихроматным методом с колориметрическим окончанием. Содержание щелочекстрагируемого (извлекаемого 0,1 н. NaOH) углерода определяли также бихроматным методом с последующим титрованием солью Мора. Содержание потенциально-минерализуемого углерода в торфах и почвах определяли биокинетическим методом [6] на основании данных по продуцированию С- CO_2 в течение 150-суточной инкубации при температуре 22°C и влажности 60% ППВ.

Обнаружено, что абсолютное содержание солеэкстрагируемого углерода в верховых торфах, низинных торфах и торфяных почвах, и минеральных почвах различалось на порядок, составив, в среднем, 10913, 1347 и 220 мг/кг (табл. 2), а его доля в Сорг различалась менее существенно: $2,6 \pm 0,8$, $0,7 \pm 0,2$ и $1,7 \pm 0,4\%$ соответственно (табл. 3).

Таблица 1

Краткая характеристика объектов исследования

№	Объект	Место расположения	Место отбора	Сорг, %
1	Верховой сфагновый торф	Тимирязевское болото, Томская обл., РФ	Под древесной растительностью (высокий рям)	43,1
2	то же	Бакчарское болото, Томская обл., РФ	Под древесной растительностью (низкий рям)	40,9
3	«»	то же	Открытая топь	43,3
4	Низинный осоково-тростниковый торф	Заповедник, Брестская обл., РБ	Под древесной растительностью (высокий рям)	35,1
5	Осушенная почва, сформированная на низинном осоково-тростниковом торфе	Агроценоз, Минская обл., РБ	Под многолетними злаковыми травами	28,6
6	то же	то же	Под кукурузой	22,2
7	«»	Агроценоз, Брестская обл., РБ	Под картофелем	13,5
8	«»	то же	Под озимой пшеницей	7,8
9	Чернозем оподзоленный	Агроценоз, Тульская обл., РФ	Под картофелем	2,5
10	Дерново-подзолистая почва	Агроценоз, Минская обл., РБ	Под озимой пшеницей	1,2
11	Темно-каштановая почва	Агроценоз, Оренбургская обл., РФ	Под яровой пшеницей	1,1
12	Серая лесная почва	Агроценоз, Московская обл., РФ	Под озимой пшеницей	0,9

Установлено, что фракция Сс в этих объектах составляла 69, 39 и 28% от пула потенциально-минерализуемого углерода, соответственно, то есть при температуре 22°C и влажности 60% от ППВ минерализация затрагивала соединения углерода, не экстрагируемые соевым раствором, в минеральных почвах более, чем в органогенных, и в низинном торфе более, чем в верховом.

Содержание щелочекстрагируемого углерода в верховых торфах, низинных торфах и торфяных почвах и в минеральных почвах составило, в среднем, 26616, 71381 и 2697 мг/кг, или 6.3 ± 0.5 , 30.6 ± 13.6 и $18.3 \pm 2.0\%$ от Сорг, соответственно. В исследуемых объектах минерализуемый пул уг-

лерода был, в среднем, в 2, 16 и 3 раза меньше фракции Сщ, соответственно. Совокупность органических соединений, извлекаемых раствором щелочи, является ближайшим резервом активного органического вещества, минерализуемого микроорганизмами со скоростью менее 3-х лет [7]. Наши результаты указывают на то, что наиболее устойчивой к минерализации была щелочекстрагируемая фракция углерода низинного торфа и торфяных почв.

Таблица 2

Содержание в торфах и почвах щелочекстрагируемого углерода (Сс), щелочекстрагируемого углерода (Сщ), и соотношение этих фракций в пуле подвижного углерода (Сщ:Сс)

В поле подвижного углерода (Сс, Сщ)				
№	Объект	Сс	Сщ	Сщ:Сс
		мг/кг		
1	Верховой сфагновый торф	15031	29515	2
2	то же	9400	25345	3
3	«»	8307	24988	3
Среднее для верховых торфов		10913±3608	26616±2517	3±1
4	Низинный осоково-тростниковый торф	1471	91967	63
5	Осушенная почва, сформированная на низинном осоково-тростниковом торфе	1864	113454	61
6	то же	1465	109370	75
7	«»	1420	29796	21
8	«»	515	12320	24
Среднее для низинного торфа и сформированных на нем почв		1347±499	71381±47049	49±24
9	Чернозем оподзоленный	258	4902	19
10	Дерново-подзолистая почва	226	2502	11
11	Темно-каштановая почва	222	1820	8
12	Серая лесная почва	172	1565	9
Среднее для минеральных почв		220±36	2697±1522	12±5

Примечание: нумерация объектов та же, что и в таблице 1.

Соотношение фракций Сщ:Сс в верховых торфах, низинных торфах и торфяных почвах и минеральных почвах было равно, в среднем. 3, 49 и 12, что характеризует подвижный пул углерода низинных торфов и торфяных почв как наиболее химически защищенный, а подвижный пул углерода верховых торфов – как наименее химически защищенный. Эти результаты сопоставимы с данными о минерализуемости органического вещества изученных объектов, которая составила, в среднем, 6.2% от Сорг для верховых торфов, 1.9% от Сорг для низинного торфа и торфяных почв и 4.7% от Сорг для минеральных почв.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что по степени химической защищенности подвижного пула органического вещества изученные объекты образовывали следующий ряд: верховые торфа < минеральные почвы < низинный торф и сформированные на нем почвы: соотношение фракций Сщ:Сс в них в среднем составили 3, 12 и 49, а доля щелочекстрагируемой фракции в общем органическом углероде – 6, 18 и 31%.

Таблица 3

Доля солеекстрагируемого углерода (Сс) и щелочеекстрагируемого углерода (Сщ) в общем органическом углероде (Сорг) и потенциально-минерализуемом углероде (Спм) торфов и почв

№	Объект	Сс	Сщ	Сс	Сщ
		% от Сорг		% от Спм	
1	Верховой сфагновый торф	3,5	6,8	60	117
2	то же	2,2	5,9	34	91
3	«»	2,0	6,1	115	345
Среднее для верховых торфов		2,6±0,8	6,3±0,5	69±41	184±140
4	Низинный осоково-тростниковый торф	0,4	26,	23	1464
5	Осушенная почва, сформированная на низинном осоково-тростниковом торфе	0,7	39,6	27	1647
6	то же	0,7	49,3	30	2266
7	«»	1,1	22,2	56	1182
8	«»	0,7	15,8	57	1369
Среднее для низинного торфа и сформированных на нем почв		0,7±0,2	30,6±13,6	39±17	1586±416
9	Чернозем оподзоленный	1,0	19,6	23	440
10	Дерново-подзолистая почва	1,8	20,4	31	348
11	Темно-каштановая почва	2,0	16,3	36	294
12	Серая лесная почва	1,9	17,0	21	193
Среднее для минеральных почв		1,7±0,4	18,3±2,0	28±7	319±103

Примечание: нумерация объектов та же, что и в таблице 1.

Солеекстрагируемая фракция углерода была меньше потенциально-минерализуемого пула, составляя от менее трети в минеральных почвах до двух третей в верховых торфах. Фракция углерода, экстрагируемого щелочью, была больше потенциально-минерализуемого пула и была доступна для микробного разложения лишь частично (на 75% – в верховых торфах, на 34% – в минеральных почвах, на 7% – в низинном торфе и торфяных почвах).

Библиографические ссылки

1. Kalbitz K., Schmerwitz J., Schwesig D., Matzner E. Biodegradation of soil-derived dissolved organic matter as related to its properties // Geoderma. 2003. V. 113. № 3–4. P. 273–291.

2. Don A., Kalbitz K. Amounts and degradability of dissolved organic carbon from foliar litter at different decomposition stages // *Soil Biol. Biochem.* 2005. V. 37. № 12. P. 2171–2179.
3. Van Hees P.A.W., Jones D.L., Finlay R., Godbold D.L., Lundström U.S. The carbon we do not see – the impact of low molecular weight compounds on carbon dynamics and respiration in forest soils: a review // *Soil Biol. Biochem.* 2005. V. 37. № 1. P. 1–13.
4. Зинякова Н.Б., Ходжаева А.К., Тулина А.С., Семенов В.М. Активное органическое вещество серой лесной почвы пахотных и залежных земель // *Агрохимия*. 2013. № 9. С.3–14.
5. Семенов В.М., Иванникова Л.А., Тулина А.С. Стабилизация органического вещества в почве // *Агрохимия*. 2009. №10. С. 77–96.
6. Семенов В.М., Иванникова Л.А., Кузнецова Т.В., Семенова Н.А., Тулина А.С. Минерализуемость органического вещества и секвестрирующая емкость почв зонального ряда // *Почвоведение*. 2008. №7. С. 819–832.
7. Von Lützow M., Kögel-Knabner I., Ludwig B., Matzner E., Flessa H., Ekschmitt K., Guggenberger G., Marschner B., Kalbitz K. Stabilization mechanisms of organic matter in four temperate soils: Development and application of a conceptual model // *J. Plant Nutr. and Soil Sci.* 2008. V. 171. No. 1. P. 111–124.

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЕРХНЕМ ГОРИЗОНТЕ ПОЧВ Г. МОЛОДЕЧНО

А.А. Карпиченко, Н.К. Чертко, А.С. Семенюк

Белорусский государственный университет, Минск

Геохимия городов в значительной мере является продуктом наложения воздействия различных производств и других видов хозяйственной деятельности на природную ландшафтно-химическую основу, сопровождающегося формированием полиэлементных техногенных геохимических аномалий в различных компонентах городского ландшафта [1]. Накопление тяжелых металлов в почвах городов происходит в результате замедления техногенных потоков миграции, источниками которых могут служить выбросы промышленных предприятий и транспорта, бытовые и промышленные отходы, сточные воды и т. д. [2]. Особое значение при этом имеют формирующиеся геохимические барьеры различного генезиса, являющиеся ограничителями миграции химических элементов и формирующие места их вторичного накопления. Почвенный покров в таких условиях также выступает в качестве барьера, способного накапливать и сохранять тяжелые металлы.

Объектом исследования являлся почвенный покров города Молодечно, для которого определялось содержание ряда химических элементов (Cu, Sn, Ni). Медь и олово широко используются человеком в хозяйственной деятельности с древности, а никель хотя и был открыт лишь в середине XVIII в., однако задолго до этого был известен как спутник меди