

тив, заболоченные ландшафты с высоким распространением органогенных почв, способствуют увеличению коллоидных форм миграции.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ, № 20-05-00729 А.

Литература

1. Добровольский Г.В., Карпачевский Л.О., Криксунов Е.А. Геосферы и педосфера. М.: ГЕОС, 2010. 190 с.
2. Krickov I.V. и др. Riverine particulate C and N generated at the permafrost thaw front: case study of western Siberian rivers across a 1700 km latitudinal transect // Biogeosciences. 2018. Т. 15, № 22. P. 6867–6884.
3. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск, 1990. 286 с.
4. Loiko S.V. Abrupt permafrost collapse enhances organic carbon, CO₂, nutrient and metal release into surface waters // Chemical Geology. 2017. Vol. 471. P. 153–165.
5. Новиков С.М. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири. 2009. 536 с.

The influence of soil and lithological conditions on the composition of migration flows in Western Siberia

I.V. Kritskov, L.I. Gerasko

The predominant form of transfer of most metals in the spring, among the dissolved and colloidal fractions of river waters, is the fraction of medium molecular colloids. In summer and autumn, the role of the truly dissolved and high molecular colloidal fraction increases. Soil cover is one of the primary factors in the formation of the composition of migration flows. The high degree of spread of bog soils promotes the migration of substances in colloidal form. The wide distribution of automorphic soils facilitates the migration of petrogenic elements in dissolved form.

УДК 631.48

Запасы почвенного углерода и растворенный органический углерод в хвойно-широколиственных лесах Брянского полесья

А.И. Кузнецова, Н.В. Лукина, А.В. Горнов,
М.В. Горнова, Д.Н. Тебенькова

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

Данная работа направлена на оценку запасов почвенного углерода и выноса растворенного органического углерода (РОУ) с почвенными водами в хвойно-широколиственных лесах Брянского полесья. Показано, что величина потоков РОУ из подстилки хвойно-широколиственных лесов может быть связана с ее запасами, в то время как вынос РОУ за пределы почвенного профиля обусловлен активностью его поглощения из почвы растительностью.

Ключевые слова: *растворенный органический углерод, лесные почвы, почвенные воды, запасы углерода.*

Растворенное органическое вещество (РОУ) в почвах играет важную роль в биогеохимических циклах углерода и в педогенезе [1]. Вынос РОУ с почвенными водами необходимо учитывать для оценки бюджета углерода в наземных экосистемах [2]. Перемещение РОУ из верхних горизонтов почв в более глубокие может приводить к стабилизации и, следовательно, к значительному увеличению депонирования С в почве [3].

Целью данной работы стала оценка уровня аккумуляции почвенного углерода и годового выноса РОУ в составе почвенных вод хвойно-широколиственных лесов Брянской области.

Исследования проводили в юго-восточной части Брянского полесья в пределах заповедника «Брянский лес». Среднегодовое количество осадков составляет 644 мм. Среднегодовая температура 5,9°C [4]. В качестве объектов исследования выбран сукцессионный ряд формирования полидоминантных широколиственных лесов с елью на вершинах грив задровых местностей заповедника «Брянский лес», где начальная стадия – сосняк кустарничково-зеленомошный, наиболее продвинутая – дубо-липняк (с елью) зеленчуково-волосистоосоковый. Кроме того, выбран объект со смешанными лесами: сосняк сложный волосистоосоково-разнотравный. В почвенном покрове преобладают дерново-подзолы иллювиально-железистые [5] (Albic Podzols (Arenic) по WRB [6]) на флювиогляциальных отложениях. Почвообразующая порода характеризуется песчаным гранулометрическим составом: содержание физической глины в почвообразующих породах в сосняках кустарничково-зеленомошных и полидоминантных широколиственных лесах варьирует от 0,5 до 2%, в то время как почвообразующие породы смешанного леса отличаются повышенным содержанием физической глины – от 1,5 до 5% и валового содержания К, Са, Al и Fe [7]. В почвах сосновых лесов отмечены высокие значения кислотности, как органогенных (рН 4,2–4,5), так и минеральных горизонтов почв (рН 3,9–4,7). Подгоризонты подстилки лесов с высокой долей широколиственных деревьев характеризуются близкой к нейтральной или слабокислой реакцией среды (рН 5,5–6,1), рН минеральных горизонтов варьирует в среднем от 4,3 до 5,1.

Для оценки запасов почвенного углерода в каждом типе леса заложено по 3 постоянных пробных площади размером 0,25 га, всего 9 пробных площадей. На каждой пробной площади закладывался опорный разрез, а также в трехкратной повторности с помощью почвенного бура отбирались смешанные образцы из почвенных горизонтов. Во всех образцах определяли рН водной вытяжки потенциметрически, содержание углерода, азота проводилось на CHN анализаторе (EA 1110 (CHNS-O)). При расчете запасов углерода пользовались методическими указаниями по количественному определению объема поглощения парниковых газов [8].

Для оценки объема и состава атмосферных и почвенных вод в каждом типе леса установлено по 6 осадкоприемников и по 3 гравитационных лизиметра в соответствии с генетическими горизонтами дерново-подзолов (под горизонтом FH,

под горизонтом АУ/Е, ВНФ, под горизонтом ВС/С). Учет объема атмосферных и почвенных вод производили ежемесячно, начиная с октября 2016 г., сразу после отбора воды в поле. Оценка содержания общего углерода проводилась на анализаторе общего углерода/азота ТОС-VCPN. Для данного исследования образцы атмосферных и почвенных вод пропускали через мембранные фильтры MF-Millipore с диаметром пор 0,45 мкм для оценки растворенного органического углерода (РОУ). Статистическая обработка результатов проводилась в пакете STATISTICA.

Запасы углерода подстилки в сосняках кустарничково-зеленомошных составляли 11 т/га, в сосняках сложных – 6 т/га и 8 т/га в полидоминантных широколиственных (дубово-липовых с елью) [9]. Запасы углерода в слое 0–30 см в разных типах леса были сопоставимы и в среднем составляли 31 т/га. Сравнение запасов углерода в этих почвах с учетом подстилки и фиксированного слоя минерального профиля мощностью 0–100 см демонстрирует, что меньше всего почвенного углерода (46 т/га) аккумулировано в сосняках сложных, тогда как в сосняках кустарничково-зеленомошных и полидоминантных широколиственных лесах с елью запасы существенно не различались, составляя соответственно 60 и 65 т/га. При этом запасы углерода в слое 50–100 см значительно выше в полидоминантных широколиственных лесах, что связано с большой мощностью почвенного профиля и развитостью элювиальных и иллювиальных горизонтов почв.

Поступление соединений органического углерода с атмосферными выпадениями в сосновых, смешанных и полидоминантных широколиственных лесах значимо отличается в июне ($p < 0,05$) и августе ($p < 0,03$). При этом в июне под кронами сосняков сложных поступает в 1,5–2 раза больше С, чем в сосняках кустарничково-зеленомошных и дубово-липовых (с елью), что связано с большим перехватом атмосферных выпадений более плотным пологом, сложенным древесными растениями разных видов, и их более существенным обогащением органическими соединениями. Поступление углерода с атмосферными выпадениями за вегетационный период (с 05.2017 по 09.2017) в хвойно-широколиственных лесах Брянской области во всех типах леса оказалось сопоставимо.

Вынос органического углерода с водами из органогенных горизонтов почв в сосняках кустарничково-зеленомошных выше, чем в сосняках сложных и дубово-липовых лесах (с елью), за счет как более высокого содержания С, так и объемов воды. Высокое содержание С в водах сосняков кустарничково-зеленомошных может быть обусловлено развитой подстилкой. Аналогичные закономерности о связи запасов подстилки и потока РОУ были отмечены и раньше [10]. При этом в июне под пологом старовозрастных сосняков сложных при большем поступлении отмечается в 3,5 раза менее интенсивный вынос, что можно объяснить активным поглощением воды древесными растениями. Для дубово-липовых (с елью) лесов характерны наименее интенсивные потоки С.

Случаи выноса органического углерода из нижних минеральных горизонтов оказались единичными, что указывает на активное поглощение воды из почвы растительностью широколиственных лесов. Эти случаи зафиксированы только в сосняках кустарничково-зеленомошных. Таким образом, с появлением широколиственных видов деревьев характер промывания почвенного профиля ме-

няется и размеры выноса резко уменьшаются. Подобные различия выявлялись нами ранее и объяснялись как разной интенсивностью перехвата осадков и дальнейшим испарением, так и уровнем транспирации хвойных и широколиственных древесных растений [11].

Годовой вынос углерода (с 09.2016 по 09.2017) с подстилочными водами варьировал в пределах порядка и оказался самым высоким в сосняках кустарничково-зеленомошных. Вынос из минеральных горизонтов почв в сосняках кустарничково-зеленомошных был на два порядка выше, чем в смешанных лесах, и на порядок выше, чем в полидоминантных широколиственных лесах с елью.

Таким образом, интенсивность выноса углерода с почвенными водами значительно отличается в лесах разных типов. Величина потоков РОУ из подстилки связана с ее запасами. Более интенсивный вынос РОУ за пределы почвенного профиля происходит в сосновых лесах, которые, согласно существующим представлениям, соответствуют ранним стадиям сукцессии. Высокая промываемость почвенного профиля может обуславливать низкие запасы С в нижних минеральных горизонтах. С развитием лесных экосистем вынос углерода снижается, что, вероятно, обусловлено тем, что осадки более интенсивно перехватываются пологом, и вода активно поглощается из почвы растительностью.

Работа выполнена в рамках проекта FP7 ERA – Net Sumforest-POLYFORES при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61618X0101).

Литература

1. Gmach M.R., Cherubin M.R., Kaiser K., Cerri C.E.P. Processes that influence dissolved organic matter in the soil: a review // *Scientia Agricola*. 2020. V. 77, № 3. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0164>
2. Gielen B., Neirynek J., Luysaert S., Janssens I.A. The importance of dissolved organic carbon fluxes for the carbon balance of a temperate Scots pine forest // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2011. V. 151, № 3. P. 270–278. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.10.012>
3. Kalbitz K., Kaiser K., Contribution of dissolved organic matter to carbon storage in forest mineral soils // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2008. V. 171. P. 52–60. <https://doi.org/10.1002/jpln.200700043>
4. Климат России: Научно-прикладной справочник. URL: <http://meteo.ru/pogodaiklimat/197-nauchno-prikladnoj-spravochnik-klimatrossii> (дата обращения: 24.03.2020).
5. Классификация и диагностика почв России / под. ред. Л.Л. Шишова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
6. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports / IUSS Working Group. Rome: FAO, 2015. 203 p.
7. Горнов А.В., Горнова М.В., Тихонова Е.В., Шевченко Н.Е., Казакова А.И. Оценка сукцессионного статуса хвойно-широколиственных лесов европейской части России на основе популяционного подхода // *Лесоведение*. 2018. № 6. С. 16–30. DOI: 10.1134/S0024114818040083
8. Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июня 2017 г. № 20-р «О методических указаниях по количественному определению объема поглощения парниковых газов». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71612096/> (дата обращения: 01.07.2018).
9. Кузнецова А.И., Лукина Н.В., Тихонова Е.В., Горнов А.В., Горнова М.В., Смирнов В.Э., Гераськина А.П., Шевченко Н.Е., Тебенкова Д.Н., Чумаченко С.И. Аккумуляция углерода в

песчаных и суглинистых почвах равнинных хвойно-широколиственных лесов в ходе восстановительных сукцессий // Почвоведение. 2019. № 7. С. 803–816. DOI: 10.1134/S0032180X19070086

10. Fröberg M., Hansson K., Kleja D.B., Alavi Gh. Dissolved organic carbon and nitrogen leaching from Scots pine, Norway spruce and silver birch stands in southern Sweden // Forest ecology and management. 2011. V. 262, № 9. P. 1742–1747. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.07.033>

11. Аккумуляция углерода в лесных почвах и сукцессионный статус лесов / под ред. Н.В. Лукиной. М.: Тов-во научн. изданий КМК, 2018. 232 с.

Estimation of carbon stocks and carbon fluxes in soils of coniferous-deciduous forests of Bryansk woodland

A.I. Kuznetsova, N.V. Lukina, A.V. Gornov, M.V. Goryunova, D.N. Tebenkova

Assessing the soil carbon stock and dissolved organic carbon (DOC) amount was conducted in coniferous broadleaved forests of the Bryansk woodland. The amount of DOC in waters from the organic horizon was related to the horizon mass. In waters from mineral profile the DOC amount variation was explained by the uptake by plants.

УДК 631.438.1

Распределение Ra-226 и Th-232 в дерново-подзолистых и дерново-подзолисто-глеевых почвах на различных почвообразующих породах

Д.Н. Липатов, Д.В. Манахов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва,
dlip@soil.msu.ru, dman@soil.msu.ru

Уровни удельной активности Ra-226 и Th-232 в исследованных профилях дерново-подзолистых и дерново-подзолисто-глеевых почв Солнечногорского района Московской области унаследованы от почвообразующей и подстилающей породы. В верхних горизонтах почв распределение этих радионуклидов связано с различной выраженностью элювиально-иллювиальных процессов. Увеличение удельных активностей естественных радионуклидов в нижних горизонтах профилей характерно для дерново-подзолистых почв на покровных суглинках, подстилаемых моренными суглинками, а уменьшение – для подстилаемых песчаными флювиогляциальными отложениями.

Ключевые слова: почвенный профиль, тяжелые естественные радионуклиды, покровные суглинки, моренные суглинки, флювиогляциальные отложения.

Радиационная обстановка в геосистемах в значительной степени определяется излучением естественных радионуклидов (ЕРН), рассеянных в горных породах, почвах и других природных средах [1, 2]. В результате пространственных и функциональных связей с геосферой в почвах формируются региональные уровни удельных активностей ЕРН, обусловленные концентрацией этих элементов в почвообразующих породах. Важной задачей является определение диапазонов варьирования удельных активностей тяжелых естественных радионуклидов Ra-