

- Stevenson F.J. Geochemistry of soil humic substances // Humic Substances in Soil, Sediment and Water: Geochemistry, Isolation and Characterization. 1985. P. 13–52.
- Schuur E. A. G., Bockheim James, Josep G. Canadell, Euskirchen Eugenie et al. Vulnerability of Permafrost Carbon to Climate Change: Implications for the Global Carbon Cycle // BioScience. 2008. V58. No. 8. P. 701-714.
- Schuur E. A. G., McGuire A. D., Schädel C., Grosse G., Harden J. W., et al. Climate change and the permafrost carbon feedback // Nature. 2015. V.520. P. 171-179.
- Tarnocai C., Canadell J., Schuur E., Kuhry P., Mazhitova G. and Zimov S. Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region // Global Biogeochem. 2009. V.23. GB2023. doi:10.1029/2008GB003327.
- Qualls R., Haines B.L. Measuring adsorption isotherms using continuous, unsaturated flow through intact soil cores. Soil Science Society of America Journal. 1992. V.56. P. 456–460.

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ЛЕСНЫХ РАЙОНОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

О.В. ЧЕСТНЫХ, В.И. ГРАБОВСКИЙ, Д.Г. ЗАМОЛОДЧИКОВ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук, г. Москва

Вызванная антропогенной модификацией углеродного цикла биосфера проблема глобального потепления климата стимулировала научный интерес к оценке запасов углерода для крупных территориальных единиц: природных зон, стран, частей континентов. Поскольку в арктических, boreальных и умеренных экосистемах значительная часть углерода содержится в органическом веществе почвы, территориальные расчеты запасов почвенного углерода стала популярным направлением исследований.

Процедуру получения площадных оценок почвенного углерода можно подразделить на две части. Первая состоит в выборе топографической основы, используемой для получения значений площадей тех или иных контуров, в пределах которых предполагается наличие закономерно однородных запасов углерода почвы.

Вторая часть процедуры состоит в поиске средних значений запасов углерода почвы, соответствующих тем или иным контурам. Значительную известность получила база типовых почвенных профилей, приведенная в цифровом источнике (Stolbovoi, McCallum, 2002). Эта база включала 254 типовых профиля почвы и была использована для расчетов эталонных значений запасов углерода для типов почвы. Эти же почвенные профили предоставили информацию и для более поздней оценки запасов углерода почвы (Щепашенко и др., 2013). Тем не менее, приходится констатировать, что наиболее современные по времени расчеты запасов углерода почв России базируются на ограниченном наборе почвенных профилей.

Авторами настоящей работы ранее по материалам открытых публикаций была создана база данных «Почвенные характеристики Северной Евразии» (Честных, Замолодчиков, 2018). Эта база служила основой для расчетов запасов углерода и азота в почвах лесов и тундр России (Честных и др., 2004, Замолодчиков и др., 2011, Честных, Замолодчиков, 2017 и др.). К

настоящему времени база расширена до 1700 почвенных профилей, усовершенствованы процедуры заполнения пропусков в структуре горизонтов и расчета интегральных показателей. Расчеты типовых значений углерода почвы выполнены на основе этой базы данных.

Важный компонент базы данных представлен расчетными процедурами, позволяющим осуществить переход от процентного содержания элементов и веществ к их запасам на единицу площади. Автоматизированное заполнение пропусков плотности горизонтов осуществлено на основе системы уравнений, описывающих вертикальные изменения плотности горизонтов с учетом типа почвы и содержания гумуса (Честных, Замолодчиков, 2004).

Цель настоящей работы состояла в оценке запасов углерода в почвах Европейско-Уральской части России в представлении по трем слоям почвенной толщи (0-30, 0-50, 0-100 см) с дифференциацией по лесным районам.

Были использованы следующие данные: 1. БД ГУЛФ 2008 – последняя база с представительством отдельных лесхозов. В ЦЭПЛ РАН в 2000-е годы в рамках проектов Минприроды РФ и Рослесхоза создавались слои лесхозов и лесных районов для статистического и пространственного анализа данных ГУЛФ; 2. Данные по почвенным разрезам с указанием координат. По ГУЛФ 2008 рассчитаны доли площадей лесных земель разных категорий как для покрытых лесной растительностью земель, так и для не покрытых (луга, пашни и т.д.). Методом «Пространственного соединения» из инструментария ArcGIS получены списки лесхозов, составляющих лесные районы. По этим спискам и долям площадей составлены доли земель различных категорий для лесных районов.

Для определения пространственной дифференциации средних значений все присутствовавшие в базе разрезы, расположенные в Европейско-Уральской части России, распределены по лесным районам через их координаты. Установлены принадлежность каждого разреза к лесному району, а по описаниям разрезов – к категории земель. Для каждого лесного района Европейско-Уральской части России получены доли вариантов наземного покрова (доминирующие породы для покрытых лесной растительностью земель и варианты непокрытых лесной растительностью земель). Исходя из этих долей и средних значений запасов углерода под основными лесообразующими породами получены средние значения углерода почв для лесных районов. Таким образом, средние показатели углерода почв рассчитывались взвешиванием данных по долям представленности данной категории земли в соответствующем лесном районе.

Настоящая работа базируется на результатах обработки базы данных лишь в отношении одного из почвенных элементов, а именно, углерода. Для пересчета запасов гумуса в углерод использован единый коэффициент 0,57. Оценка запаса по профилю включает как углерод органического вещества почвы в верхних горизонтах, которые могут быть отнесены к подстилке, так и в заторфованных горизонтах подзолисто-болотных почв. Таким образом, суммарная оценка для профиля включает запасы органического углерода подстилки, органогенных и минеральных горизонтов.

Суммарные запасы углерода в почвах лесных районов Европейско-Уральской части составили для глубины 0-30 см $12954,3 \cdot 10^6$ С т, для 0-50 – $16442,6 \cdot 10^6$ С т, для 0-100 см – $21636,7 \cdot 10^6$ С т. При общей площади земель лесного фонда $181,9 \cdot 10^6$ га. Максимальные запасы свойственны северо-таежному району, минимальные – Северо-Кавказскому горному району и району степей, что отражает, с одной стороны, распределение площадей соответствующих выделов, с другой – может быть объяснено большим количеством заторфованных земель в северных районах. Оценены запасы углерода в почвах тундровой зоны, итоговые запасы для всей территории ЕУ части, включая тундру, составили для 0-100 см глубины $30055,1 \cdot 10^6$ С т.

Получены карты распределения запасов углерода для Европейско-Уральской части России в отношении разных глубин разрезов.

Итоговые данные несколько ниже полученных ранее авторами, поскольку была использована принципиально отличная пространственная группировка с получением взвешенных средних в зависимости от представленности лесообразующих пород.

Одним из интересных аспектов проведенной работы является то, что при нанесении точек разрезов на карту можно оценить представительность средних данных, и в дальнейшем оценить и дополнить данные именно тех районов, где имеется меньшее представительство по средним запасам.

**Исследование поддержано РНФ № 19-77-30015 "Разработка методов и технологии комплексного использования данных дистанционного зондирования Земли из космоса для развития системы национального мониторинга бюджета углерода лесов России в условиях глобальных изменений климата".*

ЛИТЕРАТУРА:

Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия // Лесоведение. 2011. № 6. С. 16–28.

Честных О.В., Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И. Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России // Лесоведение. 2004. № 4. С. 30–42.

Честных О.В., Замолодчиков Д.Г. Зависимость плотности почвенных горизонтов от глубины их залегания и содержания гумуса // Почвоведение, 2004. № 8. С.937-944.

Честных О.В. Замолодчиков Д.Г. Запасы органического углерода в почвах лесов России // Природные и антропогенные экосистемы: проблемы и решения. 2017, место издания БИБЛИО–ГЛОБУС г. Москва, ISBN 978-5-6040237-3-0. С. 19-60.

Честных О.В., Замолодчиков Д.Г. БД «Почвенные характеристики Северной Евразии», свидетельство о гос.регистрации БД в Федеральной службе интеллектуальной собственности № 2018621164 от 17.05.2018 г.
Щепащенко Д.Г., Мухортова Л.В., Швиденко А.З., Ведрова Э.Ф. Запасы органического углерода в почвах России // Почвоведение. 2013. № 2. С. 123-132.
Stolbovoi V., Mccallum I., Land Resources of Russia (CD-ROM). IIASA & RAS. Laxenburg, Austria. 2002.

ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД ПОЧВ: НАСКОЛЬКО КОРРЕКТНА ОЦЕНКА ПО ЭТАЛОНЯМ?

П.А. ШАРЫЙ¹, Л.С. ШАРАЯ²

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г.

Пущино

² Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Запасы почвенного органического углерода (ПОУ) нередко оцениваются по «эталонам», то есть по значениям их запасов в данном типе почв, без учета климата, рельефа и других условий окружающей среды (Честных и др., 1999). Для протяженных местностей тепловой режим и растительность тундры и лесотундры закономерно меняются (Walter et al., 2005), а вместе с ними меняются и «эталонные» значения запасов ПОУ для данного типа почв (Щепащенко и др., 2013). Расхождение оценок запасов ПОУ в полярно-арктической зоне составляет 2–3 раза. Например, для Восточно-Европейской ландшафтной провинции одни авторы дают оценки запасов ПОУ 19.2–21.2 Pg (Орлов и др., 1996; Честных и др., 1999), другие дают 40.2–43.7 Pg (Kolchugina, Vinson, 1993; Рожков и др., 1997). В дальнейшем основанные на «эталонах» оценки входят в глобальные оценки запасов ПОУ (Tarnocai et al., 2009). Поэтому современные оценки запасов ПОУ можно рассматривать как предварительные.

В этой связи возникают естественные вопросы: учет климата и рельефа (дополнительно к типам почв) увеличивает или уменьшает оценку запасов ПОУ? Насколько велико это изменение? Здесь мы изучаем запасы ПОУ в тундре и лесотундре бассейна реки Усы (площадь участка исследования 11.8 тыс. кв. км), правого притока р. Печоры на северо-востоке Европейской России, где измерения запасов ПОУ проводились по проекту CarboNORTH (Hugelius et al., 2011). Данные о запасах ПОУ относятся к слою 0–1 м для минеральных почв и на всю глубину (до 4.3 м) для торфяников плюс 30 см под ними, так как эти 30 см известны как обогащенные углеродом. Методика измерений ПОУ описана в (Hugelius et al., 2011). Эти запасы ПОУ характеризуются как полные (Hugelius et al., 2011), поскольку концентрация ПОУ в минеральных почвах тундры падает с глубиной быстрее всех биомов мира, так что запасы ПОУ в слое 1–3 м составляют лишь 27% от запасов ПОУ в верхнем метре (Jobbágy, Jackson, 2000). Характеристики климата взяты из базы данных WorldClim (Hijmans et al., 2005), где они усреднены за 50 лет (1950–2000 гг.). Для описания рельефа использовались данные