

ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬЮ ROMUL ДЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ ОСТРОВОВ ЗАПАДНОЙ АНТАРКТИДЫ

Надпорожская М.А.¹, Быховец С.С.², Абакумов Е.В.¹

¹*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*
marinta@mail.ru, abakumov@mail.ru

²*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Московская обл., Россия*
s_bykhovets@rambler.ru

Аннотация: Обсуждается специфика полевых и лабораторных исследований и особенности подготовки входных параметров для анализа динамики органического вещества почв Антарктиды (о-ва Кинг-Джордж, Нельсон, Ливингстон) методами математического моделирования. Приведены критерии оценки запасов органического вещества почв и особенности составления климатических сценариев для вычислительных экспериментов с программой ROMUL.

Почвы полярных биомов играют большую роль в депонировании и стабилизации гумуса и каустобиолитов (Schoor et al., 2015) в связи низкой скоростью процессов минерализации органического вещества в холодном климате криолитозоны. Полярные почвы являются важнейшими природными моделями и индикаторными системами в условиях изменяющегося климата (Holtmeier and Broll, 2018). Тенденции глобального потепления климата наиболее сильно отражаются в динамике верхней части литосферы, где экзогенные процессы трансформируют циклы элементов в различных временных диапазонах. Недостаточно изучено влияние изменения температуры и влажности на динамику органического вещества почв (OpВП). Неопределенность прогнозов повышается из-за утилизации продуктов минерализации OpВП растительностью, увеличения биомассы и роста емкости биологического круговорота (Pires et al., 2017). Запасы OpВП северного циркумполярного региона оценены в 1307 Pg (Hugelius et al, 2014) с вероятной ошибкой 25 % вследствие сильной кластеризации исходных данных при огромной протяженности региона. Для Антарктиды даже таких примерных оценок нет – не хватает первичных данных. Почвенный покров в районе Морской Антарктики характеризуется максимальными запасами органического вещества, в тоже время эта зона подвержена сильным климатическим изменениям. Наши исследования антарктических почв начаты с 2002 г. К настоящему времени собраны сведения о морфологии и вещественном составе почв некоторых регионов на момент обследования. Процессы динамики OpВП антарктических почв изучены мало. Актуальным является анализ антарктических почв тундр и тундропустошей Южных Шетландских островов (Западная Антарктика, регион Антарктического полуострова).

Имитационное моделирование (Надпорожская и др., 2017) динамики органического вещества литозема и петрозема острова Кинг-Джордж показало принципиальную возможность применения математической модели ROMUL. Был выявлен некоторый дефицит полевых данных (качество и количество поступающего опада), который в первом приближении можно восполнить по литературным данным. Установлена возможность использования генератора почвенной погоды SCLISS (Быховец, Комаров, 2002) для компиляции многолетних климатических сценариев. Сценарии поверены по короткому ряду (март-февраль 2009 г.) измерений температуры почв, проведенных Е.В. Абакумовым с помощью датчиков «Термохрон» на глубине 10 см, а также по измерениям температуры воздуха и поверхности почвы метеорологической станции Беллинсгаузен.

Один из критериев оценки достоверности работы математической модели: сравнить расчетные количества выделяемого почвой углекислого газа с полевыми измерениями. Для лесных экосистем такой прием оправдал себя (Nadporozhskaya et al, 2018). В работе

(Надпорожская и др., 2017) моделируемое дыхание почвы было на порядок меньше полевых измерений (Карелин, 2010).

Требуют также ревизии основные входные параметры: запасы органического вещества и азота в почве. Установлено, что традиционный метод определения концентрации углерода по окисляемости неприменим для полярных почв, поскольку завышает результаты для засоленных, переувлажнённых и грубогумусовых почв (Polyakov et al, 2017). Определение на анализаторах СНН в свою очередь может давать завышенные результаты по азоту для почв с невысоким содержанием этого элемента. Выполненные оценки содержания углерода в почвах, как правило даны в гравиметрических величинах, без учета плотности сложения и скелетности почв. Для корректного расчета запасов ОрВП и азота нужны полевые измерения этих физических характеристик. Для некоторых приморских территорий важен учет орнитогенного вклада в почвообразование и формирования качества ОрВП. При оценке действия повышения температуры и увеличения глубины протаивания нельзя не учитывать специфику органогенных поверхностных и надмерзлотных горизонтов субантарктических почв, как почв с наиболее развитым органофилом в Антарктике. Решение этих частных задач позволит дать оценку уровней стабильности ОрВП южного полярного биома в условиях изменяющегося климата на примере наземных экосистем Южных Шетландских островов на данном уровне развития науки. В заключение можно подчеркнуть, что проблема оценки динамики и уровней стабилизации ОрВП заключается по в проверке точности и полноты первичных полевых данных, сопоставлении аналитических методов определения физико-химических свойств и режимов почвы, корректности их конвертирования в модельные сценарии. Математическая же модель ROMUL (Chertov et al, 2001) и ее современные версии являются формализацией современных представлений о почвенных процессах и их взаимодействии, поэтому будут устраивать нас до тех пор, пока не изменятся кардинально базовые измеренные параметры статики и динамики ОрВП.

Работа поддержана грантом РФФИ Болг-а 19-54-18003.

Литература

- Быховец С.С., Комаров А.С. Простой статистический имитатор климата почвы с месячным шагом // Почвоведение. 2002. № 4. С. 443–452.
- Карелин Д.В. Сравнение поверхностных потоков CO₂ в аналогичных экосистемах Арктики и Антарктики // География продуктивности и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов... Под ред. Г.В. Добровольского, В.Н. Кудеярова, А.А. Тишкова. Институт географии РАН. 2010. С. 77–80.
- Надпорожская М.А., Абакумов Е.В., Хораскина Ю.С., Быховец С.С., Шанин, В.Н., Комаров А.С. Оценка возможной динамики органического вещества почв Антарктиды с применением математической модели ROMUL при климатических изменениях // Криосфера Земли. 2017. Т. XXI. № 1. С. 57–65.
- Chertov O.G., Nadporozhskaya M.A., Komarov A.S., Bykhovets S.S., Zudin S.L. ROMUL – a model of forest soil organic matter dynamics as a substantial tool for forest ecosystem modeling // Ecological Modelling. 2001/ V.138(1-3). P. 89–308.
- Holtmeier F.-K., Broll G. Subalpine Forest and Treeline Ecotone under the Influence of Disturbances: A Review // Journal of Environmental Protection. 2018. V. 9. № 7. P. 815–845. DOI: 10.4236/jep.2018.97051
- Hugelius G., Strauss J., Zubrzycki S., Harden J.W., Schuur E.A.G., Ping C.-L., Schirmermeister L., Grosse G., Michaelson G.J., Koven C.D., O'Donnell J.A., Elberling B., Mishra U., Camill P., Yu.Z., Palmtag J., Kuhry P. Estimated stocks of circumpolar permafrost carbon with quantified uncertainty ranges and identified data gaps // Biogeosciences. 2014. V. 11. № 23. P. 6573–6593.
- Nadporozhskaya M.A., Chertov O.G., Bykhovets S.S., Shaw C.H., Maksimova E.Y., Abakumov E.V. Recurring surface fires cause soil degradation of forest land: A simulation experiment with the EFIMOD model // Land Degradation and Development. 2018. V. 29. № 7. P. 2222–2232. <https://doi.org/10.1002/ldr.3021>
- Polyakov V., Orlova K., Abakumov E. Evaluation of carbon stocks in the soils of Lena River Delta on the basis of application of “dry combustion” and Tyurin’s methods of carbon determination // Biological Communications. 2017. V. 62. № 2. P. 67–72.
- Schuur E.A.G., McGuire A.D., Schädel C., Grosse G., Harden J.W., Hayes D.J., Hugelius G., Koven C.D. Kuhry, P., Lawrence D.M., Natali S.M., Olefeldt D., Romanovsky V.E., Shaefer K., Turetsky M.R., Treat C.C., Vonk J.E. Climate change and the permafrost carbon feedback // Nature. 2015. V. 520. P. 171–179.