

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ DNDC ДЛЯ ОЦЕНКИ КОМПОНЕНТОВ БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО ЦИКЛА УГЛЕРОДА В АГРОЛАНДШАФТАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Суховеева О.Э.¹, Карелин Д.В.^{1,2}, Курганова И.Н.³, Лопес де Гереню В.О.³, Сапронов Д.В.³,
Золотухин А.Н.⁴, Насыров М.Г.⁵

¹ *Институт географии РАН, Москва, Россия*

olgasukhoveeva@gmail.com

² *Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия*

³ *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Россия*

⁴ *Курский государственный университет, Курск, Россия*

⁵ *Самаркандский государственный университет, Самарканд, Узбекистан*

Аннотация. Модель DNDC (DeNitrification-DeComposition) параметризована для условий Европейской территории России и верифицирована по данным полевых опытов, разработана методика ее применения в стране. С помощью модельных экспериментов определены наиболее значимые факторы динамики компонентов цикла углерода, оценены дыхание почвы, чистый экосистемный обмен и запасы почвенного органического углерода за 1990-2017 гг., выполнен прогноз их отклика на повышение концентрации CO₂ в атмосфере.

1. Введение

В связи с необходимостью разработки стратегии снижения эмиссии парниковых газов в результате сельскохозяйственного землепользования возникает потребность в создании единого подхода, позволяющего учитывать влияние на нее комплекса природных и антропогенных факторов на региональном уровне. Решением этой проблемы может служить использование метода имитационного моделирования.

Цель исследования – оценить динамику компонентов биогеохимического цикла углерода и сравнить влияние на них внешних условий в различных по почвенно-климатическим условиям и типам землепользования агроландшафтах Европейской территории России на основе имитационного моделирования.

2. Объекты и методы

DNDC (DeNitrification-DeComposition) – процессно-ориентированная имитационная модель, созданная для оценки динамики основных компонентов биогеохимических циклов углерода (C) и азота в почвах сельскохозяйственного назначения (Li et al., 1992). Она рекомендуется РККИК ООН для оценки баланса C и эмиссии парниковых газов в секторе сельского хозяйства (Estimation of emissions..., 2004). Модель успешно апробирована в 14 странах мира, применялась в нескольких международных проектах (Giltrap et al., 2010).

Верификация DNDC проводилась на основе данных трех полевых опытов: Курской биосферной станции ИГ РАН (Курская обл.), Опытной-полевой станции ИФХиБПП РАН (Московская обл.), где измерялось дыхание пахотных почв, Опытного хозяйства СамГУ (Самаркандская обл.), где определялся чистый экосистемный обмен. Эффективность моделирования оценивалась с помощью набора из пяти компонентов: коэффициентов Нэша-Сатклиффа и Тэйла, коэффициента корреляции Пирсона, однофакторного дисперсионного анализа и F-теста дисперсий.

Вычислительные эксперименты реализовывались на примере Центрального Нечерноземья, как одного из ключевых сельскохозяйственных районов России. Входная информация о климатических и почвенных условиях, культурах и технологиях их возделывания подготавливалась на основе литературных и статистических данных. Были получены модельные оценки дыхания почвы, чистого экосистемного обмена, а также изменения запасов органического углерода (C_{орг}) в почве за 1990-2017 гг.

Для анализа воздействия элементов сельскохозяйственной практики были разработаны варианты агроландшафтов на основе принципа последовательного включения

антропогенных факторов по мере усложнения их воздействия на почвенные процессы.

3. Результаты

Была разработана методика применения имитационной модели DNDC для условий России и обоснованы принципы подготовки входной информации из сведений официальной статистики и литературных данных по природным и антропогенным факторам, а также скорректированы внутренние параметры модели для приведения их в соответствии с географическими условиями страны.

Верификация разработанного подхода по данным полевых опытов показала, что модель точно и качественно рассчитывает потоки диоксида углерода (CO_2) в агроландшафтах, что подтверждается высокими корреляциями между наблюдаемыми и расчетными величинами, равенством их средних значений и дисперсий.

Выявленным недостатком модели является возникающее в летнее время занижение интенсивности дыхания корней по сравнению с опытными данными, в связи с чем пики эмиссии CO_2 могут недооцениваться. Это связано со встроенной в модель функцией снижения роста растений при превышении оптимального температурного порога, отсутствии осадков в период активного роста и ограниченного содержания азота в почве.

Наиболее значимыми факторами, определяющими особенности биогеохимического цикла С, являются антропогенные, и прежде всего вносимые удобрения. В почве под культурами, в технологии возделывания которых предусмотрено внесение органических удобрений, наблюдается накопление $\text{C}_{\text{орг}}$, а в случае их отсутствия запасы $\text{C}_{\text{орг}}$ убывают. Среди природных факторов ключевое влияние оказывают гранулометрический состав почвы и погодно-климатические условия, а также биологические особенности культур.

По данным моделирования, агроландшафты Центрального Нечерноземья в течение вегетационного сезона являются стоком CO_2 из атмосферы. На основе географического положения и антропогенного воздействия их можно объединить в две группы: центральную (Калужская, Московская, Ярославская обл.) с интенсивным хозяйствованием и стабильной структурой посевных площадей, для которой характерно значительное дыхание почв и накопление в них $\text{C}_{\text{орг}}$, и периферийную (Костромская, Смоленская, Тверская обл.), отличающуюся потерей $\text{C}_{\text{орг}}$ и низкой интенсивностью дыхания.

DNDC прогнозирует увеличение абсолютных значений потоков CO_2 (фотосинтеза и дыхания почвы) в агроландшафтах при различных почвенно-климатических условиях и интенсивности сельскохозяйственного производства в ответ на современное повышение его концентрации в атмосфере, за счет чего станет возможным достижение нулевого баланса $\text{C}_{\text{орг}}$ в пахотных почвах Европейской территории России через 15-20 лет.

4. Выводы

Доказана обоснованность применения параметризованной модели DNDC для анализа и прогноза компонентов биогеохимического цикла углерода в основной зоне сельскохозяйственного использования земель Европейской территории России. Полученные результаты могут служить основой для организации и планирования производственной деятельности в сельском хозяйстве, направленной на уменьшение антропогенной нагрузки на экосистемы, в том числе на снижение эмиссии парниковых газов в результате землепользования, а также оптимизацию используемых принципов их инвентаризации.

Исследование выполнено в рамках ГЗ № 0148-2019-0009, при поддержке КП19-278.

Литература

- Estimation of emissions from agriculture. United Nations framework convention on climate change. FCCC/SBSTA/2004/INF.4. GE.04-61454. – Bonn: UNFCCC, 28 May 2004. – 20 p. – URL: <http://unfccc.int/resource/docs/2004/sbsta/inf04.pdf>. (дата обращения 01.06.2019 г.)
- Giltrap D.L., Li C., Sagar S. DNDC: a process-based model of greenhouse gas fluxes from agricultural soils //

- Agriculture, Ecosystems & Environment. 2010. V. 136. No. 3-4. P. 292-300.
- Li C., Frolking S., Frolking T.A. A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: 1. Model structure and sensitivity // Journal of geophysical research. 1992. V. 97. No. D9. P. 9759-9776.