

ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА СРЕДНЕМЕСЯЧНОГО ДЫХАНИЯ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ T&P МОДЕЛИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОСАДКАМИ

Курганова И.Н.¹, Лопес де Гереню В.О.¹

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Россия
ikurg@mail.ru

Аннотация: Были протестированы разные версии T&P модели для численной оценки среднемесячной эмиссии CO₂ из почв в лесной и луговой экосистемах южно-таежной зоны дифференцированно по годам с различной обеспеченностью осадками. Показано, что наиболее адекватно среднемесячную интенсивность дыхания исследуемых дерново-подзолистых почв описывали T&P-1p и T&P-2p версии модели. При дифференцированной оценке среднемесячной интенсивности дыхания исследуемых почв с учетом уровня обеспеченности осадками точность моделирования становилась чуть выше.

Введение.

Эмиссия CO₂ из почв (или общее дыхание почвы, SR) характеризуется высокой временной и пространственной вариабельностью, а основными абиотическими факторами, влияющими на его величину, являются температура почвы (и опосредовано – температура воздуха), а также увлажнение почв, которое обычно выражают через количество осадков. Поэтому, SR, как правило, описывают с помощью простых или множественных, линейных или экспоненциальных моделей, используя в качестве параметров гидротермические характеристики: температуру воздуха и количество осадков, либо – температуру и влажность почв. Один из подходов, позволяющих на основе климатических параметров (среднемесячной температуры воздуха, T и количества осадков, P) описывать глобальное распределение SR на месячном уровне осреднения, был предложен американскими исследователями Райхом и Поттером в 1995 г. (так называемая T&P модель; Raich and Potter, 1995). Цель настоящей работы заключалась в верификации и оценке точности различных версий T&P модели для расчета дыхания дерново-подзолистой почвы под лесом и лугом на основе данных 19-летнего круглогодичного мониторинга за эмиссией CO₂ из почв.

Объекты и методы исследования.

Экспериментальные участки, на которых, начиная с 1997 г., непрерывно ведутся наблюдения за интенсивностью выделения CO₂ из почв, располагаются на территории Приокско-террасного государственного биосферного заповедника (54°55'N, 37°34'E; дерново-подзолистая песчаная почва; лесной и луговой ценозы). Скорость выделения CO₂ из почв (общее дыхание почвы) определяется круглогодично 3-5 раз в месяц, используя камерный статический метод. Величина среднемесячной интенсивности почвенного дыхания (SRm) выражается как арифметическое среднее из всех измерений, проведенных за расчетный месяц. Климатические данные (среднемесячные температуры воздуха и месячные суммы осадков) были любезно предоставлены на Станции фонового мониторинга (м. Данки-Заповедник, Серпуховский район, Московская обл.), расположенной на территории Приокско-террасного заповедника.

T&P модель для оценки среднемесячной интенсивности выделения CO₂ из почв (SRm, $g\text{ }Cm^{-2}сут^{-1}$) на основе среднемесячной температуры воздуха (Ta , °C) и суммы осадков за соответствующий месяц (P , см) имеет следующий вид (Raich and Potter, 1995):

$$SRm = R_0 \cdot e^{QTa} \cdot (P/(K+P)) \quad (1),$$

где R_0 ($g\text{ }Cm^{-2}сут^{-1}$) – дыхание почвы при 0°C в отсутствие лимитирования влаги; Q ($^{\circ}C^{-1}$) – экспоненциальное отношение между почвенным дыханием и температурой и K (см) –

константа полунасыщения в гиперболическом отношении между SR и месячным количеством осадков. Первоначально были предложены следующие параметры модели (T&P-1): $R_0 = 1,334 \text{ гСм}^{-2}\text{сут}^{-1}$, $Q = 0,03992 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ и $K = 1,634 \text{ см}$ (Raich and Potter, 1995). В следующей версии (T&P-2) использовались несколько иные параметры: $R_0 = 1,25 \text{ гСм}^{-2}\text{сут}^{-1}$, $Q = 0,05452 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ и $K = 4,259 \text{ см}$ (Raich et al., 2002).

Для оценки среднемесячной интенсивности SR были протестированы обе предложенные версии - T&P-1 и T&P-2, а также репараметризованные нами по коэффициенту R_0 версии моделей T&P-1p и T&P-2p, в которых величина R_0 представляла экспериментально определенную среднемесячную величину дыхания почвы при среднемесячной T_a , равной 0°C . Параметр R_0 составил соответственно: 1,79 и 1,96 $\text{гСм}^{-2}\text{сут}^{-1}$ для лесного и лугового ценозов. Оценка точности различных версий T&P модели проводилась методом наименьших квадратов (R^2 и коэффициент регрессии, a) и с помощью «коэффициента несовпадения» Тейла (КНТ, Шитиков и др., 2003). Точность моделирования была оценена как для всей совокупности данных (19 лет), так и дифференцированно - для сухих (5 лет), влажных (5 лет) и средних (9 лет) по увлажненности лет, которые определяли по отношению к STD для годовой суммы осадков в 1998-2016 гг.

Результаты и обсуждение.

По всем параметрам, используемым для оценки точности моделирования (R^2 , a , КНТ), наиболее адекватно среднемесячную интенсивность дыхания исследуемых дерново-подзолистых почв в разные по обеспеченности осадками годы описывали T&P-1p и T&P-2p версии модели (рисунок). Коэффициенты несовпадения Тейла были для них самые низкие (от 0,17 до 0,23), а коэффициенты детерминации варьировали от 0,54 до 0,72 при значениях $a = 0,71-1,21$. Несовпадение экспериментальных и расчетных данных наблюдалось, главным образом, в летние месяцы. Точность параметризованных по R_0 версий T&P модели при дифференцированной оценке среднемесячной интенсивности дыхания исследуемых почв с учетом уровня обеспеченности осадками становилась чуть выше по одним показателям (например, по R^2), но в то же время снижалась по другим (например, a). Качество численной оценки дыхания почв с использованием предложенных версий модели (T&P-1p и T&P-2p) можно повысить, если провести их дополнительную репараметризацию по коэффициентам Q и K , ответственным за отклик дыхания почв на изменение температуры и увлажнения.

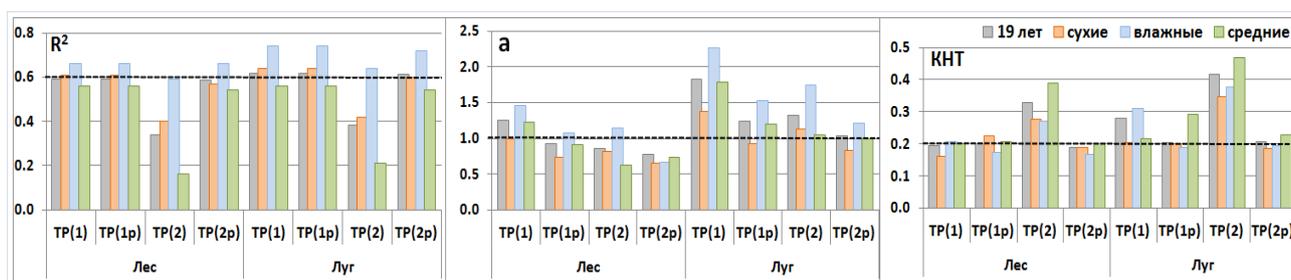


Рисунок. Оценка точности разных версий T&P модели для расчета среднемесячной интенсивности дыхания дерново-подзолистой почвы под лесом и лугом в различные по увлажненности годы.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ (15-04-05157а) и Программы Президиума РАН.

Литература

- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
- Raich J.W., Potter C.S., Bhagawati D. Interannual variability in global soil respiration, 1980-94 // *Global Change Biol.* 2002. V. 8. P. 800-812.
- Raich J.W., Potter C.S. Global patterns of carbon dioxide emission from soils // *Global Biogeochem. Cycles.* 1995. Vol.9. P. 23-36.