

УДК 631.4
ББК 40.3
П 65

Ответственные реакторы
П.В. Красильников, Н.О.Ковалева, Е.М. Столпникова

П 65 **Почвы – опора России:** тезисы докладов IX съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева (Казань, 12-16 августа 2024 г.). /Отв. ред.: П.В. Красильников, Н.О. Ковалева, Е.М. Столпникова. – Москва-Казань: МАКС-Пресс. 2024. 800 с.

ISBN

Сборник содержит рабочие материалы докладов по теоретическим и прикладным проблемам почвоведения, методологии исследований и региональным особенностям почв и почвенного покрова, представленных на съезде Общества почвоведов им. В.В. Докучаева.

© МАКС-Пресс, 2024
© Коллектив авторов, 2024

информационного обеспечения практически всех компьютерных софтов для моделирования энергомассообмена в распределенных пористых средах почв и грунтов, использующих классический термодинамический подход Лоренцо Ричардса. Другая область применения ОГХ это оценка физического состояния (физического качества) почвы, активно развиваемая российской гидрофизической школой А.Д. Воронина. Несмотря на значимость ОГХ и большое количество работ по их математическому моделированию, практически все известные здесь модели (порядка 100) представлены классом эмпирических уравнений или педотрансферных функций, связывающих коэффициенты (параметры) таких эмпирических уравнений со свойствами почвы. Разновидностью такого эмпирического подхода на современном уровне можно считать модели «искусственного интеллекта», например, на основе нейронных сетей. Реже используются физико-статистические расчеты ОГХ с использованием доминирующей в гидрофизике капиллярной модели водоудерживания (уравнение Жюрена) и ряда допущений, например, о логнормальном распределении пор (подход Косуги-Терлеева), фрактальном характере порового пространства и тд. Физически обоснованных (фундаментальных) моделей ОГХ, за исключением известных моделей ленгмюровской школы (БЭТ, ГАБ, Фаррера, МБЭТ и тд) для прототипа их сорбционного участка в виде изотерм сорбции паров воды почвами, ранней (1964 г) попытки проф. Судницына связать линейный в полулогорифмических координатах участок ОГХ с гидратацией катионов, или аналогичных более поздних попыток Злочевской и Березина с соавторами (80-90 годы прошлого века) с использованием осмотической теории набухания, практически нет. В среде гидрофизиков нередко можно услышать мнение о невозможности такого фундаментального описания всей ОГХ, а значит, и о нецелесообразности научного поиска в этом. Наши исследования, начиная с пионерной работы 2003 г. «Теория и методы оценки физического состояния почв», опровергают это мнение, основываясь на теории расклинивающего давления воды в дисперсных системах по Дерягину и теории агрегативной устойчивости ДЛФО применительно к дисперсности почвы. Доклад обобщает эти разработки в форме новой полностью физически-обоснованной модели ОГХ, сочетающей физические механизмы капиллярности и расклинивающего давления в виде соответствующих слагаемых общего уравнения ОГХ, оперирующего переменными термодинамического потенциала воды, ее массовой доли в почве, параметрами дисперсности (удельной поверхности), дебаевской эффективной толщины ДЭС, связанной с показателями жидкой фазы (концентрация, заряд электролита), и рядом фундаментальных физических констант. Приведены результаты оценки адекватности новой модели экспериментальным данным почв разного генезиса и дисперсности для всего диапазона влажности (от условного нуля до полной влагоемкости) в сравнении со стандартной моделью ван-Генухтена. Даны аналитические решения для распределений пор по размерам и сингулярных точек новой модели, ассоциирующихся со сменой физических механизмов водоудерживания и форм почвенной влаги. Обоснован альтернативный теории БЭТ метод оценки дисперсности (удельной поверхности) по новой модели, выгодно отличающийся температурной инвариантностью. Применимость для всего диапазона варьирования влажности и фундаментальный характер модели делают ее перспективной как для использования в компьютерном моделировании энергомассообмена, так и для оценки динамики физического качества почвы под воздействием ранее не учитываемых свойств ее жидкой фазы.

УДК 631.433.3 + 504.05 + 574.474

ДИНАМИКА ДЫХАНИЯ ПОЧВЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОСЛЕ СОКРАЩЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

Сморкалов И.А., Воробейчик Е.Л.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург,

ivan.a.smorkalov@gmail.com

Из-за высокой пространственной и временной вариабельности дыхания почвы, прямое сравнение данных, полученных не одновременно на отдаленных друг от друга участках, затруднительно. В случае использования камерных методов измерения эмиссии углекислого газа, остроту проблемы частично можно уменьшить за счет увеличения количества пространственных повторностей при минимизации разницы во времени измерений между участками. Однако это не помогает при анализе материалов по межгодовой динамике, в частности при рассмотрении вопроса, влияет ли сокращение промышленных выбросов металлургических предприятий на дыхание почвы. Причина этого заключается в том, что измерения проводят на достаточно протяженных (более 30 км) градиентах загрязнения, разные части которых как в один и тот же тур измерений, так и тем более в разные годы могут существенно различаться по температуре и влажности почвы. Для решения этой задачи необходимо «привести» показатели дыхания почвы к неким «стандартным» условиям, т.е. одинаковым для всех участков градиента и всех лет исследования. Это можно реализовать с помощью математического моделирования.

Материалом для работы послужили многолетние данные по эмиссии углекислого газа с поверхности почвы, измеренной камерным методом, в лесах в двух районах с сильным атмосферным загрязнением (сернистый ангидрид и тяжелые металлы) – вблизи Среднеуральского (г. Ревда) и Карабашского (г. Карабаш) медеплавильных заводов. После 2010 года оба завода сильно сократили выбросы.

Возле заводов было выбрано по 10 участков, удаленных от предприятия на 1–33 км, на каждом участке было заложено по три постоянные пробные площади размером 25×25 м. На каждой пробной площади за один тур проводили 5–15 измерений дыхания почвы. Работы проводили в середине вегетационных сезонов 2010–2013, 2018 и 2023 гг., а также осенью 2011, 2012, 2013 и 2018 гг. Кроме того, на отдельных участках градиентов измерения проводили в 2020–2022 гг. Всего было выполнено 6315 измерений дыхания на 60 пробных площадях. Анализ данных проведен в среде R. Для выбора предикторов использовали пакет Boruta. Моделирование провели с помощью алгоритма Random Forest. С помощью построенной модели рассчитывали дыхание почвы на конкретном участке при температуре почвы в диапазоне 5–25 °С с шагом 5 °С и влажности почвы 0.4–0.6 м³/м³ с шагом 0.05 м³/м³. Для определения температуры почвы, при которой разница между загрязненными и фоновыми участками максимальной, а также для сравнения этой разницы между периодами восстановления после сокращения выбросов (в 2013, 2018 и 2023 гг.), использовали отношение откликов. Статистической единицей во всех случаях было среднее значение дыхания почвы на пробную площадь.

Полученная модель (зависимость дыхания от года, района, расстояния до завода, температуры почвы, влажности почвы) имела очень высокий коэффициент детерминации (0.96) и низкую среднюю ошибку (MSE=0.34 мкмоль СО₂/м²с). Разница дыхания почвы между загрязненными и фоновыми участками была максимальной при температуре почвы выше 15 °С. Отношение откликов при стандартных условиях (>15 °С, 0.4–0.6 м³/м³) между загрязненными и фоновыми участками во все годы было отрицательным (т.е. загрязнение снижало дыхание), но различия между годами были статистически незначимы (хотя на уровне тенденции эффект загрязнения снижался от 2013 г. к 2023 г. в обоих районах). Основанный на сырых (т.е. не стандартизированных по температуре и влажности) данных расчет эффекта загрязнения демонстрировал выраженную восстановительную динамику дыхания, что может быть следствием искажающего влияния межгодовых различий температуры.

УДК 911.52

УЧЕНИЕ СТАРОЖИЛОВА О НООЛАНДШАФТОСФЕРЕ – ЛОКАЛЬНЫЙ, РЕГИОНАЛЬНЫЙ И ГЛОБАЛЬНЫЙ ФУНДАМЕНТ ПРАКТИК ОСВОЕНИЯ И РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ПОЧВОВЕДЕНИЯ РОССИИ И ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ