

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Анохиной Натальи Александровны «Биогенные углеводороды в почвах парковых зон города Москвы», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальностям **03.02.13 – «Почвоведение», 03.02.08 – «Экология»**

Актуальность работы. Исследование факторов, влияющих на устойчивость пула органических веществ почвы – главного резервуара органического углерода в биосфере, требует изучения всех аспектов поведения в почвах разных классов органических соединений. Удобными соединениями для изучения углеродного цикла в почве являются высокомолекулярные *n*-алканы – линейные алифатические углеводороды с длиной углеродной цепи от 16 до 34 атомов. Эти соединения являются продуктами биогенного синтеза внутри клеток растений и микроорганизмов и поступают в почву только после отмирания живых организмов. Вследствие прочной многолетней консервации *n*-алканов в почве их активно используют как биомаркеры растительных сообществ и климатических условий. Предполагается, что, зная состав *n*-алканов, а также основных продуктов их микробного метаболизма метил-кетонов, можно проводить палеореконструкции растительного покрова и изучать процессы трансформации почвенного углерода.

Целью данной работы было на примере ряда территорий г. Москвы изучить динамику содержания и состава алифатических соединений липидов в почвах под широколиственными растительными сообществами.

Новизна и практическое значение. Автором предложена *усовершенствованная методика определения *n*-алканов и продуктов их микробного окисления *n*-метил-кетонов* в одной навеске из образцов подстилок или почв. *Впервые изучена сезонная динамика* содержания биогенных углеводородов в почвах листопадных сообществ городских лесопарков, а также получены данные по *профильному распределению содержания *n*-алканов и *n*-метил-кетонов* в почвах лесопарковых зон г. Москвы. Установлено, что *горизонтальное распределение в почве и сезонные изменения гомологического состава алканов* отражают локализацию и динамику трансформации и стабилизации гидрофобной фракции почвенного органического вещества, изучение которой является ключом для понимания механизмов взаимодействия и прогнозирования времени пребывания различных органических соединений в почвах, в том числе гидрофобных поллютантов.

Структура и содержание работы. Диссертация Н.А. Анохиной состоит из введения, 3 глав, заключения, выводов, списка литературы и приложения. Она изложена

на 124 страницах, включает 13 таблиц и 37 рисунков. Список литературы включает 128 наименований, в том числе 97 англоязычных.

В **первой главе** на основе литературных источников и собственных опубликованных работ достаточно подробно показаны пути накопления *n*-алканов в почве после отмирания разных частей растений и микроорганизмов. Подробно рассмотрены механизмы сорбции *n*-алканов компонентами почвенного матрикса, а также роль сорбированных углеводов в процессах почвообразования. Обсуждаются различные процессы, происходящие при круговороте углерода в лесных экосистемах и его пулы.

К замечанию следует отнести неточность некоторых терминов, например, используется термин «внешнеклеточные углеводороды» вместо «внеклеточные углеводороды», а также «оксигенировать» вместо «окислять» углеводородные субстраты. Однако в целом, ознакомление с этой главой свидетельствует о глубокой проработке вопросов по круговороту высокомолекулярных насыщенных углеводородов в почве и их роли в почвообразовании, что свидетельствует о широком кругозоре автора по данной проблеме.

Вторая глава работы посвящена рассмотрению объектов и методов исследования. Для проведения сезонных наблюдений за трансформацией липидного комплекса почв под листопадными растительными сообществами были выбраны периоды годового цикла, различающиеся по скорости изменений, протекающих в органофиле. Их оценивали по содержанию низкомолекулярных гидрокси-бензойных кислот в почве и подстилке.

На основании сравнения эффективности различных известных методов экстракции и очистки экстрактов подбирали наиболее оптимальные условия для выделения *n*-алканов и *n*-метил-кетонов из проб почвы и подстилки. Для анализа экстрактов использовали метод хроматомасс-спектрометрии. Для изучения профильного распределения *n*-алканов и *n*-метил-кетонов в почвах под широколиственными фитоценозами были заложены два разреза дерново-подзолистых почв под липняками (*Tilia cordata*) в Национальном парке «Лосиный остров» г. Москвы. В них подробно описаны и охарактеризованы все пять почвенных горизонтов до глубины 60 см. Изучались также сезонные изменения липидного комплекса подстилок и верхних горизонтов почв под различными широколиственными фитоценозами, представленными липой и кленом, в лесопарке на Воробьевых горах. Сезонные отборы проб проводили в течение всего года в разные периоды вегетации. Изучен состав водопрочных агрегатов почв. На основании химического анализа проб рассчитывали различные индексы показателей микробиологической активности почвы.

В третьей главе приводятся результаты исследований и их обсуждение. На основании изучения динамики накопления бензойной и гидроксibenзойных кислот в почве и подстилке были выбраны три временные точки для пробоотбора, которые отражают контрастные периоды по запасам и скорости трансформации растительной мортмассы: это начало и конец вегетации, а также постлистопадный период. Затем были подобраны оптимальные условия выделения алифатических соединений почвенных липидов (*n*-алканов и *n*-метил-кетонов) с длиной углеродной цепи $>C_{25}$ из проб почв и подстилок, которые заключаются в последовательной экстракции проб методом ускоренной автоматической экстракции смесью хлороформ:метанол (3:1, v/v), а затем хлороформом с последующим отделением органических растворителей вымораживанием и переводением липидных компонентов в гексановый раствор, который анализируют методом ГХ-МС.

Установлено, что в гомологическом составе линейных алканов верхних гумусовых горизонтов дерново-подзолистой почвы под широколиственным растительным сообществом абсолютно доминируют нечетные соединения с длиной цепи C_{25} – C_{33} , основным источником которых в почве являются эпителикулярные воска растений. С другой стороны, в элювиальном и иллювиальном горизонтах гомологический состав *n*-алканов определяется наличием липидов микробной биомассы и корней.

Проведенные исследования показали, что в гумусовых горизонтах почв под листопадными фитоценозами происходят количественные и качественные сезонные изменения в липидном составе почвенного органического вещества, которые зависят от степени зрелости почв. При этом более чувствительным показателем процессов трансформации липидного комплекса в почве являются не сами *n*-алканы, а продукты их микробного окисления 2-метил-кетоны. В течение вегетационного сезона их относительное содержание в почве изменяется на порядок, а диапазон колебаний зависит от степени гумусированности почв.

Таким образом, исследования, проведенные Натальей Александровной, несомненно важны и вносят значительный вклад в понимание механизмов образования и трансформации органического вещества в почве.

Слабой стороной этой части работы следует считать однообразные графики, в которых часто отсутствуют подписи к осям. Кроме того, в работе мало схематического изображения протекающих процессов, которые бы иллюстрировали сделанные выводы. Такие рисунки могли бы облегчить восприятие большого массива полученных результатов. В работе также встречаются некоторые орфографические ошибки.

Тем не менее, указанные замечания не снижают ценности и важности проделанной работы. Автором выполнен значительный объем работ по аналитической обработке и обобщению разнохарактерного материала, полученного при исследовании различных процессов накопления и трансформации почвенных липидов. Проведенные диссертанткой исследования и интерпретация полученных результатов свидетельствуют о её высокой научной эрудиции, а полученные новые интересные результаты и сделанные выводы существенно расширяют понимание процессов почвообразования и трансформации почвенного органического вещества.

На основе анализа диссертационной работы можно заключить, что научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы и достоверны. Результаты исследования Натальи Александровны Анохиной изложены в 10 публикациях, в том числе в 4 статьях, опубликованных в рецензируемых научных журналах, входящих в список Scopus, Web of Science, RSCI, рекомендованных к защите в МГУ.

Автореферат полностью соответствует диссертации и отражает ее основные положения.

Заключение

Диссертационная работа Н.А. Анохиной является законченной научной работой, в которой на основании выполненного автором комплексного почвенно-экологического исследования были разработаны методы градиентного выделения и определения содержания высокомолекулярных *n*-алканов и их производных *n*-метил-кетонов. Изучено пространственное и временное изменение пула этих липидных соединений в почве под широколиственными фитоценозами. Работа выполнена на достаточно высоком уровне, имеет научное и прикладное значение. Результаты работы могут быть использованы для решения задач, имеющих существенное значение для проблем почвоведения и экологии.

Для решения поставленных в диссертационной работе задач, автором был проведён большой объём экспериментальной работы с использованием сертифицированных и известных методов с использованием самого современного аналитического оборудования. Степень обоснованности и достоверности полученных результатов подтверждается статистической обработкой данных, проработкой большого объема литературных источников, использованием в ходе проведения экспериментов общепринятых методик, современного оборудования и программного обеспечения.

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ГОСТа Р7.011.2011. Содержание автореферата и опубликованных работ соответствует материалам диссертации.

Диссертационная работа Анохиной Натальи Александровны соответствует критериям пп. 2.1-2.5, установленным Положением о присуждении учёных степеней в Московском Государственном Университете им. М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно приложениям №5,6 Положения о диссертационном совете Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова. Автор диссертационной работы заслуживает присуждение учёной степени кандидата биологических наук по специальностям: 03.02.13 – Почвоведение и 03.02.08 – Экология.

Официальный оппонент:

Кандидат биологических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химии почв
ФИЦ ПНЦБИ РАН ФГБУН «Институт физико-химических
и биологических проблем почвоведения РАН»

Васильева Галина Кирилловна

21 сентября 2020 г.

Контактные данные:

Тел.: (495) 433-0595, e-mail: issp@psn.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

03.02.13 — Почвоведение

03.02.03 - Микробиология

Адрес места работы:

142290, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 2.

ФИЦ ПНЦБИ РАН ФГБУН «Институт физико-химических
и биологических проблем почвоведения РАН»

Тел.: 8496-733-0595, e-mail: issp@psn.ru

