

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДОКУЧАЕВСКОЕ ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ
ОБЩЕСТВО ПО ИЗУЧЕНИЮ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ
РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ СНГ МГО

ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА В БИОСФЕРЕ

Материалы VII Всероссийской научной конференции с международным участием,
посвященной 90-летию со дня рождения профессора Д. С. Орлова
и III Международной научной школы
«Методы оценки биологической активности гуминовых продуктов»

Москва, 4–8 декабря 2018 года



МОСКВА – 2018

УДК631.4(207)(063)

ББК 40.3

Г94

Материалы опубликованы при финансовой поддержке РФФИ (Гранты № 18-04-20091 з и № 18-34-10027 мол_з)

Ответственные за выпуск:

И. И. Толпеишта – д-р биол. наук, зав.кафедрой химии почв факультета почвоведения МГУ;

А. Г. Заварзина – канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник;

А. В. Климанов – канд. биол. наук, ст. преподаватель

Г94 Гуминовые вещества в биосфере : Материалы VII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Д. С. Орлова и III Международной научной школы «Методы оценки биологической активности гуминовых продуктов»; Москва, 4–8 декабря 2018. – Москва : МАКС Пресс, 2018. – 168 с.

ISBN 978-5-317-05982-8

Сборник материалов конференции и научной школы освещает широкий круг вопросов в области исследования и практического применения гуминовых веществ: современные подходы к изучению строения и свойств гуминовых веществ, органо-минеральные взаимодействия в почвах, экосистемные функции органического вещества почв в условиях естественной и антропогенной эволюции биосферы, механизмы действия и безопасное применение гуминовых препаратов. В сборнике размещены тезисы лекций ведущих российских и зарубежных ученых и материалы докладов молодых ученых, в которых обсуждаются методы оценки биологической активности гуминовых препаратов.

Ключевые слова: гуминовые вещества, почва, биосфера, гуминовые препараты.

УДК631.4(207)(063)

ББК 40.3

Humic Substances in the Biosphere : Abstract book of the 7th all-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 90th birthday of Professor Dmitry S. Orlov and III International Youth School «Methods of assessment the biological activity of humic products». – Moscow : MAKS Press, 2018. – 168 p.

ISBN 978-5-317-05982-8

Abstract book of the conference and scientific school is devoted to a wide range of issues in the field of research and practical application of humic substances: novel approaches to study the structure and properties of humic substances, organo-mineral interactions in soils, ecosystem functions of soil organic matter under conditions of natural and anthropogenic evolution of the biosphere, mechanisms of action and safe application of humic products. The book contains abstracts of lectures presented by leading Russian and foreign scientists and reports of young scientists, discussing methods for assessment the biological activity of humic products.

Key words: humic substances, soil, Biosphere, Humic products.

Материалы конференции опубликованы в авторской редакции.

Научное издание

ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА В БИОСФЕРЕ

Материалы VII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Д. С. Орлова

и III Международной научной школы

«Методы оценки биологической активности гуминовых продуктов»

Москва, 4–8 декабря 2018 г.

Подписано в печать 20.11.2018 г.

Формат 60х90 1/8. Усл. печ. л. 10,5.

Тираж 200 экз. Изд. № 283.

Издательство ООО «МАКС Пресс»

Лицензия ИД N00510 от 01.12.99 г.

119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы,
МГУ им. М. В. Ломоносова, 2-й учебный корпус, 527 к.
Тел. 8(495) 939–3890/91. Тел./Факс 8(495) 939–3891

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленных материалов в ООО «Фотоэксперт»
115201, г. Москва, ул. Котляковская, д.3, стр. 13.

© Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова

© Авторы статей, 2018

© Оформление. ООО «МАКС Пресс», 2018

ISBN 978-5-317-05982-8

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель:

С.А. Шоба, член-корреспондент РАН, президент МОО Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, декан факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

Сопредседатели:

С.Н. Чуков, д.б.н., профессор Санкт-Петербургского государственного университета, председатель подкомиссии «Органическое вещество почв» Общества почвоведов им. В.В. Докучаева (по согласованию)

И.В. Перминова, д.х.н., профессор МГУ имени М.В. Ломоносова, координатор Регионального отделения СНГ Международного гуминового общества (IHSS)

Заместитель председателя:

И.И. Толпешта, д.б.н., зав. кафедрой химии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

Ответственный секретарь:

О.С. Якименко, к.б.н., ведущий научный сотрудник кафедры химии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель программного комитета:

Заварзина А.Г. к.б.н., в.н.с. кафедры химии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

Зам. председателя программного комитета:

Завгородняя Ю.А., к.б.н., доцент кафедры химии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова

Члены программного комитета:

- | | |
|------------------|--|
| Е.В.Абакумов | д.б.н., профессор СПбГУ (Санкт-Петербург) (по согласованию) |
| В.А.Андроханов | д.б.н., зам. директора ИПА СО РАН (Новосибирск) (по согласованию) |
| О.Н.Бахмет | д.б.н., член-корреспондент РАН, Предс. Карельского НЦ РАН (Петрозаводск)
(по согласованию) |
| О.С.Безуглова | д.б.н., профессор ЮФУ (Ростов-на-Дону) (по согласованию) |
| Н.О.Ковалева | д.б.н., заведующий лабораторией МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва) |
| Б.М.Когут | доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Москва) |
| И.Д.Комиссаров | д.б.н., профессор, ТГСХА (Тюмень) |
| И.В.Костенко | к.с.-х.н., ведущий научный сотрудник ФГБУН «Никитский ботанический сад» (Ялта) |
| П.В.Красильников | д.б.н., член-корреспондент РАН, руководитель отдела земельных ресурсов Аграрного Центра МГУ (Москва) |
| Н.А.Куликова | д.б.н., ведущий научный сотрудник МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва) |
| К.А.Кыдралиева | д.х.н., ведущий научный сотрудник Институт химии и фитотехнологий НАН Кыргызстана (Бишкек) (по согласованию) |

Е.Д.Лодыгин	д.б.н., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар) (по согласованию)
М.И.Макаров	д.б.н., профессор, МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва)
М.П.Сартаков	к.б.н., Югорский гос. ун-т (г. Ханты-Мансийск) (по согласованию)
В.А.Терехова	д.б.н., ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории экотоксикологического анализа почв (ЛЭТАП), МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва)
С.Я.Трофимов	д.б.н., профессор МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва)
Г.Д.Чимитдоржиева	доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией ИОЭБ СО РАН (Улан-Удэ)
А.Д.Фокин	д.б.н., профессор, РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева (Москва)

Члены организационного комитета:

Е.А.Тимофеева	к.б.н., старший преподаватель кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
Н.Ю.Барсова	к.б.н., научный сотрудник кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
М.С.Розанова	к.б.н., старший преподаватель кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
Ю.Г.Изосимова	к.б.н., научный сотрудник кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
Ю.А.Завгородняя	к.б.н., доцент кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
Н.И.Суханова	к.б.н., старший научный сотрудник кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
А.В.Кирюшин	к.б.н., старший преподаватель кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
А.А.Степанов	к.б.н., старший научный сотрудник кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
И.В.Ковалев	доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник кафедры физики почв МГУ имени М.В. Ломоносова
Е.И.Караванова	к.б.н., доцент кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
А.В.Климанов	к.б.н., старший преподаватель кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
А.И.Парамонова	аспирант кафедры географии почв МГУ имени М.В. Ломоносова, ведущий инженер Института проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова
А.А.Дунаева	магистр кафедры физики и мелиорации почв МГУ имени М.В. Ломоносова

М.О.Крючкова	магистр кафедры биологии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
А.Г.Рычагова	бакалавр кафедры земельных ресурсов и оценки земель МГУ имени М.В. Ломоносова
Е.А.Низиенко	магистр кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
О.А. Салимгареева	к.б.н., старший научный сотрудник МГУ имени М.В. Ломоносова
Ю.А.Емельяненко	инженер лаборатории экологического почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова
Е.М.Столпникова	техник лаборатории экологического почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова
К.А.Колчанова	аспирант кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
Д.Ф.Золовкина	аспирант кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова
Н.А.Анохина	аспирант кафедры химии почв МГУ имени М.В. Ломоносова

Глубокоуважаемые коллеги!

Сегодня мы проводим VII Всероссийскую конференцию с международным участием «Гуминовые вещества в биосфере» посвященную 90-летию со дня рождения Д.С.Орлова. Именно Дмитрий Сергеевич стал инициатором организации первой конференции, которая прошла в 1993 г. на базе МГУ им. М.В.Ломоносова. Ставшая с тех пор традиционной, она привлекает большое внимание ученых не только в России, но и в странах ближнего и дальнего зарубежья. Об этом говорит и большое число участников, и постоянное расширение научной тематики конференции.

За четыре года после VI конференции, которая проходила в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар), появились новые идеи в исследовании химии органического вещества почв с использованием физического и денситогранулометрического фракционирования. Значительно больше информации появилось о составе неспецифической части гумуса и возможностях ее стабилизации в почве. Эти проблемы будут обсуждаться на конференции и получают свое отражение в Резолюции.

Впервые в рамках нашей конференции при поддержке международного Общества токсикологии и химии окружающей среды (SETAC) проводится III международная молодежная научная школа «Методы оценки биологической активности гуминовых продуктов». Это является свидетельством серьезного прогресса в области применения гуминовых препаратов не только в растениеводстве, но и в медицине и других отраслях.

Не меньший интерес ученых вызывают и традиционные вопросы биосферных функций гуминовых веществ, как крупнейшего резервуара углерода и азота, от устойчивости и эволюции которого в условиях продолжающегося потепления в значительной степени зависит судьба почвенного покрова климата Земли и ее биосферы. Кроме того, гумус как «страж почвенного плодородия» играет важную роль в обеспечении высокой биологической продуктивности почв в условиях применения высокоинтенсивных биотехнологий в современных агроценозах, что имеет большое значение в обеспечении продовольственной безопасности нашей страны.

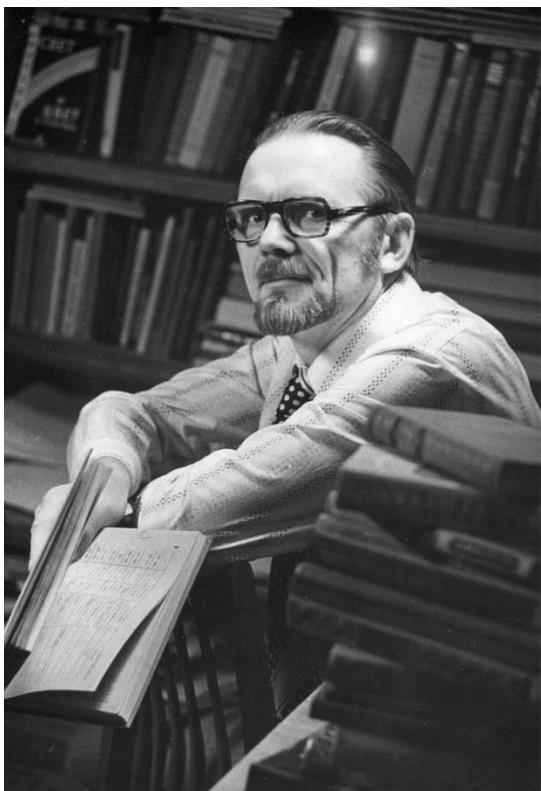
На участие в VII Всероссийской конференции с международным участием «Гуминовые вещества в биосфере» было получено более 140 заявок из разных регионов России, Белоруссии, Казахстана, ЮАР и других зарубежных стран. Тематика конференции представлена шестью тематическими секциями:

1. Гуминовые вещества в условиях антропогенной эволюции биосферы
2. Экосистемные услуги органического вещества почв
3. Новые подходы в изучении органического вещества почв
4. Органо-минеральные взаимодействия в почвах
5. Гуминовые препараты: механизмы действия, применение, сертификация
6. Гумусное состояние почв, региональные аспекты (стендовая сессия)

Поддержка Российского фонда фундаментальных исследований также свидетельствует о фундаментальном характере, важности и актуальности обсуждаемых на нашей конференции проблем и вопросов.

Желаю всем участникам конференции плодотворной работы и взаимно обогащающих дискуссий!

Председатель подкомиссии
«Органическое вещество почв»
Дочуцаевского общества почвоведов д.б.н.
С.Н. Чуков



ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ ОРЛОВ родился 30 декабря 1928 года в г. Москве. После окончания с серебряной медалью средней школы № 330 в 1947 г. он поступил на химический факультет МГУ, затем был переведен на почвенное отделение геолого-почвенного факультета, которое он окончил уже в составе биолого-почвенного факультета в 1952 г.

В 1952 г. Дмитрий Сергеевич поступил в аспирантуру, а в 1955 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему “Катионный обмен и солевой состав жидкой фазы почв”. После окончания аспирантуры с 1955 он работал на кафедре почвоведения в должности младшего научного сотрудника, с 1960 г. - доцента, а с 1974 г. - профессора. В 1973 г. Дмитрий Сергеевич защитил докторскую диссертацию на тему “Гумусовые кислоты почв”, по материалам которой была опубликована монография «Гумусовые кислоты почв», удостоенная в 1978 году Ломоносовской премии II-ой степени.

С 1967 по 1970 гг. Дмитрий Сергеевич исполнял обязанности заместителя декана биолого-почвенного факультета, а затем заместителя декана факультета почвоведения МГУ по научной работе. С 1980 г. по 1999 г. Дмитрий Сергеевич Орлов заведовал кафедрой химии почв факультета почвоведения МГУ и до 2000 г. был председателем учебно-методического Совета факультета почвоведения.

Более 20 лет (1978-1999) Дмитрий Сергеевич работал в составе редколлегии журнала “Почвоведение”, заместителем председателя редколлегии журнала “Биологические науки” и руководил работой II комиссии Докучаевского Общества почвоведов РАН.

Дмитрий Сергеевич был выдающимся ученым и талантливым организатором. Наибольший интерес он проявлял к изучению природы, свойств и роли гумусовых кислот в почвообразовании и других природных процессах. Благодаря его работам получило развитие новое научное направление в почвоведении - изучение спектральной отражательной способности почв. Он был сторонником и инициатором внедрения в разных областях почвоведения новейших инструментальных методов исследования, таких как: атомная и молекулярная спектрометрия, жидкостная, газовая и гель-хроматография, атомно-эмиссионный анализ. Одним из первых в отечественном почвоведении Орлов Д.С. исследовал закономерности фотохимической деструкции гумусовых кислот.

В результате плодотворной и творческой научной деятельности Дмитрием Сергеевичем были сформулированы классические положения химии гумусовых веществ, предложен оригинальный вариант структурной формулы гуминовых кислот, разработана кинетическая теория гумификации, обоснована концепция формирования термодинамически устойчивых компонентов почвы и сформулированы фундаментальные принципы и правила гумификации.

Д.С. Орлов является основателем отечественной школы химии гумуса. Им опубликовано около 600 работ, в том числе более 20 научных монографий и учебных пособий, среди которых учебник “Химия почв” (1985), переизданный в 1992 и в 2005 гг., монография “Гумусовые кислоты почв” (1974), переведенная впоследствии на английский язык, монография “Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации” (1990).

Дмитрий Сергеевич был настоящим учителем, талантливым педагогом и блестящим лектором. На протяжении всей трудовой деятельности профессор Орлов читал спецкурсы по органическому веществу, а с 1979 по 1999 гг. курс “Химии почв” для студентов факультета почвоведения МГУ, руководил практикумом по химии почв. Под его руководством защищено около 60 кандидатских диссертаций и сотни студенческих курсовых и дипломных работ. Многочисленные ученики Дмитрия Сергеевича, кандидаты и доктора наук, работают не только в России, но и по всему миру, продолжая его дело.

Плодотворная научная и педагогическая деятельность Дмитрия Сергеевича отмечена многочисленными наградами: Медаль “За доблестный труд” (1970), Почетная грамота Президиума Верховного совета РСФСР (1980), Медаль “Ветеран труда” (1986), Нагрудный знак “За отличные успехи в работе” (1967), Золотая и Серебряная медаль ВДНХ (1987, 1988), Юбилейная медаль “850-летию г.Москвы” (1997). Д.С. Орлов награжден юбилейным нагрудным знаком «250 лет МГУ имени М.В.Ломоносова», дважды лауреат Ломоносовской Премии (1978, 1990), лауреат Премии В.Р.Вильямса (1986), лауреат Золотой медали им. К.К.Гедройца (1983), лауреат Премии Правительства РФ (1996), лауреат Государственной премии в области науки и техники (2001), заслуженный профессор МГУ, заслуженный деятель науки РФ.

Секция 1

Новые подходы в изучении органического вещества почв

СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ *n*-АЛКАНОВ И *n*-МЕТИЛ-КЕТОНОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ ПОД ШИРОКОКЛИСТВЕННЫМ РАСТИТЕЛЬНЫМ СООБЩЕСТВОМ

Бажанова А.Е., Завгородняя Ю.А.

МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра химии почв, Москва,
iaalina69@gmail.com

Органическое вещество почв играет ведущую роль в функционировании почвы как важнейшего элемента экосистемы. Компонентный состав органического вещества почв – динамический показатель, отражающий влияние экологических условий на геохимический цикл углерода экосистемы. Неразветвленные алифатические углеводороды, являющиеся частью органического вещества почв могут быть использованы для изучения различных по устойчивости и скорости оборачиваемости углеродных пулов, связанных с различными денсиметрическими фракциями почвы [1, 2].

Целью работы является исследование состава и содержания *n*-алканов и *n*-метил-кетон в дерново-подзолистой почве под широколиственным растительным сообществом.

Выделение липидов из дерново-подзолистой почвы и образцов растительности проведено методом экстракции субкритическими растворителями на автоматическом экстракторе с последующей очисткой и фракционированием методом адсорбционной хроматографии. Качественная идентификация и количественное определение углеводов в пробах проведено методом капиллярной газо-жидкостной хроматографии. Определение содержания С и N проведено на CHNS-анализаторе. Рассчитаны показатели молекулярных спектров *n*-алканов (LSR, CPI, OEP). Денсиметрическое фракционирование образцов проведено с использованием методики разделения путем флотации в тяжелой жидкости (ZnCl₂).

Наблюдались сезонные изменения в углеводородном составе верхних горизонтов дерново-подзолистой почвы. В осенний период повышалась по сравнению с июлем доля *n*-алканов с длиной цепи C16-C24 и с четным количеством углеродных атомов (индексы LSR, OEP_{ср.ц.} и OEP_{дл.ц.} снижались в 2-3 раза). Одновременно происходило повышение содержания метил-кетон с 8-10мкг/гСорг в июле до 34-42мкг/г Сорг в ноябре, что выражалось в снижении значений А/К с 40 до 10. В гомологическом составе *n*-метил-кетон, выделенных из почвы, для всех времен отбора доминировали нечетные соединения с длиной C-цепи $\geq C25$.

Для всех показателей состава и содержания *n*-алканов и *n*-метил-кетон в точечных образцах верхних горизонтов дерново-подзолистой почвы под липняком волосисто-осоковым, отобранных в разных местах растительной парцеллы, коэффициенты варьирования не превышали 35%.

Литература

- 1.Jancen B.,Hausmann N.S., Tonneijck F.H., Verstraten J.M., de Vooght P. Characteristics straight-chain lipid ratios as a quick method to assess past forest- paramo transitions in the Ecuadorian Andes // Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology.- 2008., V.262. - P 129-139.
- 2.Wiesenberg G. L. B., Dorodnikov M., Kuzyakov Y. Source determination of lipids in bulk soil and soil density fractions after four years of wheat cropping // Geoderma. – 2010,V. 156. – P. 267-277.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОГРАВИМЕТРИИ С АНАЛИЗОМ ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ГАЗОВ

Волков Д.С.^{1,2}, Рогова О.Б.², Кузнецов М.А.³, Проскурнин М.А.¹

¹ Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва, Россия

³ Сколковский институт наук и технологий - Сколтех, Москва, Россия

E-mail: dmsvolkov@gmail.com

Термические методы имеют давнюю историю использования в науках о Земле. В своих оригинальных экспериментах по термическому анализу LeChatelier (1887) нагревал образцы глины и измерял точку обезвоживания для дифференциации различных образцов глин. В конце 1930-х годов термический анализ нашел свое наибольшее и очень интенсивное применение в минералогии в качестве недорогой альтернативы рентгенофазовому анализу.

Первое использование термического анализа в почвоведении относится к 1935 году, когда Агафонов применил эту технику к почвенным глинам, а не к чистым (геологическим) образцам глины [1]. В дальнейшем в течение долгого времени методы термического анализа использовали для изучения в основном минеральных компонентов почв. Однако применение термического анализа для изучения органических компонентов почвы продолжает быть значительно менее распространенным, несмотря на то, что органические соединения могут влиять на тепловое поведение в гораздо большей степени, чем минеральные [2].

В последнее время в связи с развитием аналитического инструментария появляется все больший интерес к термическому анализу органического вещества как цельных почв, так и отдельных фракций (гранулометрических, денсиметрических, химических). Термические анализаторы относительно недороги (по сравнению, например, с дифрактометрами), требуют небольшой подготовки проб, дают воспроизводимые результаты и богаты информацией. Во-вторых, термические методы могут помочь в изучении причин стабильности органического вещества в почве и, таким образом, использоваться в качестве инструмента обнаружения закономерностей изменения почвенного органического вещества, особенно в сочетании с многофакторной статистикой [3]. Термическая стабильность любого материала значительно связана с энергией активации, необходимой для его пиролиза или горения. Считается, что стабилизация органического вещества почвы объясняется сочетанием первичной неустойчивости предшественников и вторичной неустойчивости метаболитов, эффектов пространственной недоступности из-за агрегации и взаимодействия с поверхностями почвы [4].

Цель этой работы состоит в применении синхронного дифференциального термоанализатора STA 449 F5 Jupiter (NETZSCH GeraetebauGmbH) с масс-спектрометрическим детектором выделяющихся газов QMS 403 DAëolos (NETZSCH GeraetebauGmbH) для исследования органического вещества почв в условиях аналитического пиролиза (в инертной атмосфере) в области 35–1000°C. В качестве объектов исследования выбрали богатые органическим веществом образцы сегрегационно-мицеллярного агрочернозема (Курская область) различной агрокультуры (бессменный пар, лесополоса, пашня), а также их физические фракции.

В результате получены термогравиметрические и дифференциальные термогравиметрические кривые, а также соответствующие им профили выделяющихся газов по данным газовой масс-спектрометрии. Проведено качественное сравнение термогравиметрических и масс-спектрометрических профилей различных образцов и сделана количественная оценка степени различий на основе данных по весовым потерям в различных температурных интервалах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mackenzie, R.C. and B.D. Mitchell, *Differential thermal analysis. A review.* Analyst, 1962. 87(1035): p. 420-434.

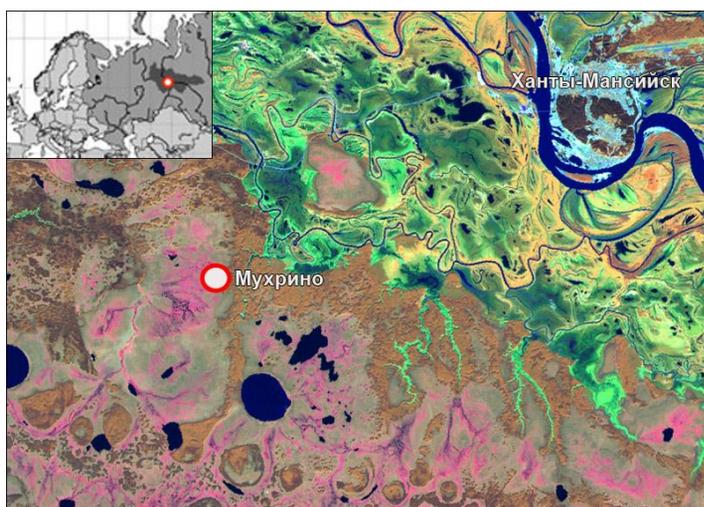
2. Yariv, S., *Differential Thermal Analysis (DTA) in the Study of Thermal Reactions of Organo-Clay Complexes*, in *Natural and Laboratory-Simulated Thermal Geochemical Processes*, R. Ikan, Editor 2003, Springer Netherlands: Dordrecht. p. 253-296.
3. Plante, A.F., J.M. Fernández, and J. Leifeld, *Application of thermal analysis techniques in soil science*. *Geoderma*, 2009. 153(1): p. 1-10.
4. Lützow, M.v., et al., *Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review*. *European Journal of Soil Science*, 2006. 57(4): p. 426-445.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ С МЕТАЛЛАМИ В СЛОЯХ 5-МЕТРОВОЙ ТОРФЯНОЙ КОЛОНКИ ИЗ МУХРИНОВСКОГО БОЛОТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Дерябина Ю.М., Тихова В.Д., Сартаков М.П., Осницкий Е.

Новосибирский институт органической химии им. Н.Н.Ворожцова СО РАН, Новосибирск,
Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск

dyulik@mail.ru



Гуминовые кислоты - сложные соединения, состав их функциональных групп и структура молекулярных фрагментов зависят от условий формирования гуминового сырья, а так же и от способа выделения и очистки. Одно из важнейших свойств этих многофункциональных соединений – способность служить лигандами в комплексных соединениях металлов. Изучение взаимодействия ГК с металлами представляет интерес для решения аналитических и экологических задач. Цель данной работы – оценка средних содержаний металлов (Ca, Mg, Ba, Sr, Al, Si, K, Na, Fe, Pb) в ГК, выделенных из

стратиграфической колонки торфа; определение степени и динамики взаимодействия металлов с ГК, в зависимости от факторов окружающей среды, главными из которых являются климатические условия и органоминеральные взаимодействия, а антропогенное воздействие минимально. Выбор объекта исследования обусловлен тем, что стратифицированные образования являются удобным материалом при мониторинговых исследованиях изменения геохимического состава биосферы.

Объектами исследования были ГК, выделенные из образцов 5-метровой торфяной колонки из Мухриновского болота Западной Сибири, в 30 км к юго-западу от города Ханты-Мансийска на левобережной террасе реки Иртыш на типичном торфянике (болото Мухрино). Координаты колонки 60.89535N 68.639033E. Образцы были взяты с поверхности до глубины 510 см с шагом 10 см. Образец 0-10 см не исследовали из-за низкого выхода ГК, образцы 60-70, 100-110, 170-190 и 200-210 см, соответствующие подземным водам не исследовались. Полный ботанический состав стратиграфической колонки описан в статье [1]. ГК экстрагировали в соответствии со стандартными процедурами Инсторф модифицированными на кафедре общей химии Тюменской государственной сельскохозяйственной академии [2].

Металлы определяли методом атомно-эмиссионным методом с микроволновым возбуждением плазмы (МП-АЭС) на приборе Agilent 4100. В качестве пробоподготовки использовали метод кислотного разложения (минерализацию) смесью концентрированной азотной кислоты пероксида водорода.

Исследование распределения металлов по глубине торфяных залежей позволило проследить динамику геохимического состава окружающей среды во времени. В целом содержание металлов в ГК торфяной колонки варьируется в достаточно широких пределах, распределение по профилю неравномерное. Например, количество Sr, Al, Fe увеличивается по глубине, а количество Si, K, Pb уменьшается. Так же отличаются по составу металлоорганические комплексы сфагновых торфов, по глубине залегания, а именно: для слоя (10-20 см) процентное содержание исследуемых металлов меняется в ряду: Si>Na>Al>Ba>Ca>Fe>K>Pb>Sr>Mg, для слоя (160-170 см) – Na>Al>Ba>Ca>Fe>Si>Pb>K>Sr>Mg, для сапропелей (460-470 см) – Fe>Al>Na>Ca>Ba>Si>K>Pb>Sr>Mg, такое накопление металлов органическим веществом торфов вероятнее всего объясняется его генетическими особенностями.

[1] E.M.Osnitsky, M.P.Sartakov, E.A.Zarov, Yu.M.Deryabina. Elemental Composition of the Humic Acids in the High-Moor Peats of the Western Siberia Taiga Zone. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. V. 7. N 6. Pp. 3104-3113

[2] Komissarov I.D., Loginov L.F. Humic preparations, Proceedings of the Tyumen Agricultural Institute, 1971, Volume 14, 266 p.

РОЛЬ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ ГРИБОВ И БАКТЕРИЙ В ОБРАЗОВАНИИ И ТРАНСФОРМАЦИИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

¹Заварзина А.Г., ^{1,2}Лисов А.В.

¹Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, г.Москва zavarzina@mail.ru

² Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН, г.Пушино

“Молекулярное строение гумусовых кислот и механизмы их образования (процесс гумификации) очень тесно связаны и в настоящее время могут быть решены только совместно”
Орлов Д.С. Химия почв. М: МГУ, 1992 г, 242 с.

Органическое вещество почв составляет главный резервуар $C_{орг}$ в биосфере. Основными механизмами стабилизации биомолекул органических остатков в аэробных условиях являются гумификация и органо-минеральные взаимодействия (Орлов, 1990). Однако, гумификация, а также состав, молекулярное строение и устойчивость образующихся в этом процессе гуминовых веществ (ГВ), являются в настоящее время предметом дискуссий. Пересматриваются взгляды о макромолекулярной структуре и биохимической устойчивости ГВ (Piccolo 2001; Sutton and Sposito 2005; von Lutzow et al., 2006), их существование в виде отдельного класса органических соединений, образование в реакциях вторичного синтеза в почвах (Leehman and Kleber, 2015). Вместо термина “гуминовые вещества” в современной зарубежной литературе используют термин природное органическое вещество (natural organic matter, см. Nebbioso and Piccolo 2013).

Перспективным подходом к пониманию происхождения соединений гумуса, их строения (макромолекулы или надмолекулярные ассоциаты небольших молекул) и биохимической устойчивости, может быть моделирование реакций их синтеза и деструкции в присутствии ферментов, способствующих образованию и разрушению ковалентных связей в ароматических субстратах. Образование и трансформация темноокрашенных веществ гумуса - в основном окислительный процесс, движущей силой которого являются микроорганизмы и их внеклеточные ферменты – гидролазы и оксидоредуктазы (Grinhut et al., 2007; Zavarzina et al., 2011).

Нами изучена трансформация растворимой в щелочах и нерастворимой в кислотах фракции гумуса – гуминовых кислот (ГК) в культурах: 1) базидиомицета белой гнили *Lentinus tigrinus*, продуцирующего лигнолитические оксидоредуктазы - универсальную пероксидазу (VP) и лакказы; 2) в культурах почвенных микромицетов в условиях, способствующих продукции лакказы; 3) в культуре подстилочного базидиомицета *Stropharia arugosoannulata* в лигнолитических и целлюлолитических условиях в присутствии ферментов лакказы, марганец-зависимой пероксидазы

(MnP) и целлюлозодегидрогеназы (ЦДГ). Также изучена трансформация ГК препаратом ЦДГ базидиомицета *Cerrena unicolor*, трансформация ГК препаратами лакказбазидиомицета *L.tigrinus* и лишайника *Solorina crocea* и препаратом двухдомной лакказы бактерии *Streptomyces annulatus*, обладающей термостабильностью и щелочным pH-оптимумом при окислении фенольных субстратов. Проведено моделирование реакций синтеза ГВ в гетерогенном катализе в присутствии иммобилизованной на глинистом минерале лакказы *L.tigrinus*. Молекулярно-массовые распределения ГК до и после взаимодействия с ферментами изучали методом гель-фильтрации на Сефадексе G-75.

Установлено, что грибы и их окислительные ферменты (лакказы и ЦДГ) деполимеризуют ГК, что свидетельствует о макромолекулярной организации этих соединений и не подтверждает теорию о ГК как супрамолекулярных ассоциатах небольших (2 кДа) молекул (Piccolo 2001). Установлено также, что присутствие окислительных ферментов (лакказ) необходимо для образования высокомолекулярных фракций ГК не только в кислых, но и в щелочных условиях (в отсутствие лакказполимеризация отсутствует или незначительна). Установлено, что вне связи с минеральными компонентами ГК неустойчивы к биодеструкции, что подтверждает роль органо-минеральных взаимодействий в стабилизации веществ гумуса. В модельном эксперименте показана возможность образования полимерных структур ГК из низкомолекулярных предшественников в гетерогенных реакциях в присутствии лакказы, что доказывает роль реакций вторичного синтеза в образовании веществ гумуса и их органо-минеральных соединений. Результаты проведенных модельных экспериментов свидетельствуют о важной роли каталитических окислительных реакций в гумификации и подтверждают классические представления о ГВ как отчасти макромолекулярных (не только над-молекулярных) продуктах этих реакций.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-14-01207.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ В ГУМАТНЫХ УДОБРЕНИЯХ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Карпухина Е.А., Самсонов И.С., Волков Д.С., Проскурнин М.А., Перминова И.В.
*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, 119991, г. Москва, ул.
Ленинские горы, д. 1, стр.; эл. почта: karpukhina.evgeniya@gmail.com*

В составе почвенных удобрений и стимуляторов роста растений на основе гуминовых веществ (ГВ) в качестве стабилизаторов используют лигносульфонаты, свойства и строение которых во многом схожи с ГВ. Лигносульфонаты являются отходами при производстве древесины и не производят столь значительного эффекта на рост растений. Легкий способ получения лигносульфонатов и их невысокая цена дает возможность использования лигносульфонатов в качестве добавки к ГВ с целью снижения затрат на производство продуктов на их основе. В настоящее время существует проблема стандартизации препаратов гуминовых веществ (ГВ) и контроля производства удобрений на их основе, поскольку свойства конечного продукта зависят от источника ГВ и особенностей технологического процесса. Разработка методики осложняется еще и тем, что молекулы как ГВ, так и лигносульфонатов представляют собой сложную смесь макромолекул переменного состава и нерегулярного строения с различной молекулярной массой. Предложенные ранее гравиметрические, хроматографические и спектроскопические методики имеют ряд таких недостатков, как отсутствие селективности, сложная и длительная пробоподготовка, низкий уровень определяемых концентраций, недостаточный для анализа сельскохозяйственных препаратов, в которых содержание и ГВ, и лигносульфонатов на уровне десятков г/л. Для характеристики функционально-группового состава ГВ и лигносульфонатов достаточно широко используют ИК-спектроскопию. ИК-спектроскопия в варианте НПВО позволяет работать как с твердыми образцами, так и с водными растворами без предварительной пробоподготовки.

Целью работы была разработка условий прямого определения лигносульфонатов в водных растворах препаратов удобрений на основе гуминовых веществ методом НПВО-ИК-спектроскопии.

Исследованы коммерческие препараты марок ГВ «Aldrich», «Powhumus», «Сила жизни» и лигносульфоната марки «Сила жизни». В работе использовали спектрометр Vertex 70 («BrukerOptikGmbH», Германия) с НПВО-приставкой с алмазным кристаллом. Спектры регистрировались в диапазоне 4000–650 см⁻¹ с разрешением 2 см⁻¹, 64 сканирования. Для регистрации НПВО-спектров водных растворов в качестве фона использовали деионизированную воду. На первом этапе работы получены НПВО-ИК-спектры сухих индивидуальных образцов и их водных растворов (100 г/л), проведена их полная идентификация. Спектры ГВ и лигносульфонатов характеризуются наличием большого числа характеристических полос, которые накладываются друг на друга и мешают совместному определению. Характеристическими полосами лигносульфоната, по которым мы можем судить о присутствии данного компонента в смеси, являются 1266, 1192, 1093 и 1042 см⁻¹ (взаимодействия между С–О и С–О–Н колебаниями, S=O колебания, колебания С–О–С связей и ОН групп спиртов, колебания R–SO–3H, ОН групп, соответственно). Однако большое количество силикатных примесей в гумате затрудняет количественную оценку содержания лигносульфоната и позволяет определять его лишь на качественном уровне по слабоинтенсивному пику в области 1265–1270 см⁻¹. Поэтому подобраны условия полного осаждения силикатов путём центрифугирования. Оптимальное время центрифугирования составило 30 мин при 4000 об/мин. Далее были приготовлены растворы смесей лигносульфоната и каждого гумата с различным соотношением компонентов, после центрифугирования полученных НПВО-ИК-спектры и рассчитано содержание лигносульфоната по полосам 1266, 1192, 1093 и 1042 см⁻¹.

Наилучшие результаты достигаются при использовании полос 1192 и 1093 см⁻¹. На ошибку определения лигносульфоната таким методом влияет не только уровень концентраций лигносульфоната, но и фоновое содержание гумата. Так, при определении лигносульфоната на уровне концентраций до 25 г/л и для соотношения компонентов лигносульфонат:гумат 1:2 ошибка определения достигает 50%. Однако при соотношении 1:1 ошибка снижается до 20%, а при соотношении компонентов 1:4 и вовсе не превышает 10%.

БИОХИМИЯ ЛИГНИНА В ПОЧВАХ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ковалев И.В., Ковалева Н.О.

МГУ имени М.В.Ломоносова, факультет почвоведения, kovalevmsu@mail.ru

Недостаточная изученность лигнина как одного из самого распространенного в биосфере биополимера, поступающего в почву с надземной и подземной биомассой растений, была обусловлена трудностью его биохимической диагностики в почвах. Неуклонное развитие методов тонкой биохимии почв и использование нанотехнологий в почвенных исследованиях дают возможность взглянуть по-новому на устоявшиеся научные парадигмы, в том числе на теорию гумусообразования и способы управления почвенным плодородием.

Объекты и методы исследования: евразийские леса из сосны, лиственницы, кедра, ели, пихты; южнотаежные березо-осиновые леса и агроэкосистемы, в том числе и осушенные, Коломенского ополья Московской области; дубово-липовые широколиственные леса («Тульские засеки») на серых почвах; березовые колки лесостепи и агроэкосистемы Брянской области на агросерых почвах; типичный чернозем (Курский биосферный заповедник, Кисловодская котловина); тропический лес Амазонии на красноземах (Бразилия); аридные экосистемы вертикальных природных зон Тянь-Шаня; гумидные экосистемы Северного Кавказа. Поскольку результаты, получаемые общепринятыми методами выделения лигнина (класон-лигнин, «остаточный лигнин»), слишком грубы даже для растительных материалов и чрезвычайно завышены для образцов подстилки и почвы, мы пользовались методикой И. Хеджеса и И. Ертеляв приведенной ниже модификации [1]. Апробированная методика мягкого щелочного окисления органического вещества оксидом меди в азотной среде с последующим использованием хроматографии тонкого слоя является наиболее перспективной для анализа содержания и состава лигнина в объектах наземных экосистем: не только

в тканях растений, но и в дневных и погребенных почвах, включая минеральные малогумусные горизонты, в конкреционных новообразованиях, агрегатах, гранулометрических фракциях почв, препаратах гуминовых кислот. Щелочное окисление образцов оксидом меди дало 11 фенолов, которые сгруппированы по их химической природе в 4 структурных семейства: ванилиновые (V), сирингиловые или сиреневые (S), п-кумаровые (C) и феруловые фенолы (F). Сумма продуктов окисления (VSC) отражает общее содержание лигнина в образце.

Результаты. Разработана и апробирована системная методология изучения биохимического круговорота продуктов окисления лигнина в различных биомах и в основных типах почв (серых лесных, черноземах, красноземах и др.), в том числе и почв сельскохозяйственного использования. Трансформация биополимера впервые изучена практически во всех звеньях цепи, начиная от растительных тканей и опада и заканчивая гумусовыми веществами. Предложена научная гипотеза, объясняющая генезис продуктов окисления лигнина в составе гумуса отдельных типов почв в различных природных зонах и позициях ландшафта с учетом биохимического состава растений. Изучены факторы и установлены причинно-следственные связи состава органического вещества почв (гумуса) и биохимического состава различных частей растений, выявлена особая роль лигниновых фенолов подземных органов растений в процессе гумификации. Показаны закономерности трансформации лигнина в почвах в зависимости от термодинамических условий среды и агро-антропогенного использования. Раскрыты пути и механизмы стабилизации продуктов окисления лигнина на всех уровнях структурной организации почв: в геохимически сопряженных катенах, по профилю почв, в почвенных агрегатах и конкреционных новообразованиях, в гранулометрических фракциях, на уровне молекулярных взаимодействий. Результаты исследований оригинальны, во многом не имеют аналогов в мировой научной практике, и могут быть использованы при: разработке технологий применения органических удобрений; производстве гуминовых препаратов, их идентификации и сертификации; биоконверсии и консервации отходов гидролизной, деревообрабатывающей и иной промышленности, имеющей сырьевым источником лигниносодержащие соединения; анализе устойчивости почв к агрогенному воздействию; оценке современных приемов обработки почвы и приемов биологизации земледелия; разработке прогнозных моделей круговорота углерода в условиях глобального изменения климата.

Литература.

1. Ковалева Н.О., Ковалев И.В. Лигниновые фенолы в почвах как биомаркеры палеорастительности // Почвоведение, 2015. № 9. С. 1073–1086.

**Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-14-01120 «Почвенные биомаркеры в диагностике глобальных изменений климата и предотвращении региональных экологических кризисов».*

ПОЧВЕННЫЕ БИОМАРКЕРЫ В ДИАГНОСТИКЕ ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ И ЭКОСИСТЕМ

Ковалева Н.О., Ковалев И.В.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва

natalia_kovaleva@mail.ru

В отличие от гуминовых кислот, формулы и химическое строение которых до сих пор остаются неизвестными, биомаркеры – это органические молекулы известного строения и происхождения. Отдельные молекулы фенолов, аминокислот, аминсахаров, липидов могут быть достоверно обнаружены в живых организмах, в их останках и опаде, в почве, в сложных ассоциатах, в структурах гуминовых веществ. Многие биомаркеры в силу своего специфического строения и биохимических функций при определенных условиях среды оказываются устойчивыми к деградации и минерализации в почвах и поэтому служат молекулярными следами палеобиоты и наземной растительности, а также индикатором интенсивности биохимических процессов, протекающих в биосфере не только в настоящем, но и в прошлом. При этом индивидуальные органические соединения хорошо сохраняются не только в «нормальных» профилях постлитогенных почв, но и в продуктах их переотложения, в почвенно-коллювиальных и почвенно-аллювиальных комплексах, в

педоседиментах, педолитах, дериватах отдельных горизонтов, в донных отложениях водоемов и т.п. Органо-минеральные частицы почв или почвенные новообразования способствуют сохранению индивидуальных органических молекул во времени, маркируя условия сформировавшей их палеосреды.

Объектами исследования послужили полигенетичные серые лесные почвы, образующие типичные геохимические катены в Московской (Коломенское ополье), Владимирской и Брянской (Трубчевское ополье) областях.

Методы исследования включали: групповой и фракционный анализ гумуса, газо-жидкостную хроматографию для определения фракционного состава жирных кислот, аминокислот, лигниновых фенолов. Изотопный состав углерода был измерен на масс-спектрометре Thermo-Finnigan Delta V Plus IRMS и элементном анализаторе Thermo Flash1112. Возраст почв определялся методом радиоуглеродного датирования.

Содержание в обсуждаемых почвах общего количества лигнина (VSC), хлорофилла и грибного пигмента Pg отражает степень гидроморфизма почв, закономерно накапливаясь в глеевой почве и вторых, гумусовых горизонтах.

Анализ представленных данных состава лигниновых фенолов в погребенных горизонтах различных полигенетичных почв обнаруживает, что композиционные наборы лигниновых фенолов в почвах служат молекулярными следами наземной растительности. Однако, интерпретация сигнала во многом осложняется наложением биохимических процессов, инициируемых сменяющимися растительными ассоциациями. В свою очередь, информационная роль групп соединений (хлорофилла, грибных меланинов, лигнина в целом) менее информативна по сравнению с индивидуальными биологическими молекулами, микроколичества которых легко определяются современными методами исследования.

Качественный состав лигниновых фенолов растительности закономерно находит отражение в значениях $\delta^{13}\text{C}$ гумуса почв. При этом циннамиловые фенолы утяжеляют величины изотопных отношений, которые очень чувствительные к C3-C4 изменениям. В то же время ванилиновые и синрингиловые фенолы деревьев и кустарников (C-3 тип фотосинтеза) облегчают их.

Полученные результаты и попытка их применения в палеопочвенных исследованиях обнаруживают перспективность использования биомаркеров и необходимость дальнейшего изучения пула природных органических соединений почв. В любом случае, информационная роль биомаркеров оказывается наиболее высокой в комплексных исследованиях органического вещества дневных и палеопочв.

ОТ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ (ГСО) ПОЧВ, АТТЕСТОВАННЫХ НА СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА, К ГСО ИХ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

Когут Б.М.¹, Фрид А.С.¹, Перминова И.В.², Холодов В.А.¹, Ярославцева Н.В.¹

¹Почвенный институт им. В.В.Докучаева, Москва, e-mail:kogutb@mail.ru

²Химический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

Надежным способом обеспечения правильности аналитической информации является создание стандартных образцов, аттестованных в межлабораторном эксперименте, и широкое их использование в качестве контрольных и калибровочных в аналитической практике (Большаков, Когут, Фрид, 1995). В 70-х годах прошлого века в Почвенном институте им. В.В.Докучаева совместно с НИИ прикладной физики Иркутского государственного университета были впервые в б.СССР, а, вероятно, и в мире, созданы три ГСО почвенных масс под условными названиями “курский чернозем” СП-1, “московская дерново-подзолистая почва” СП-2, “прикаспийская светло-каштановая почва” СП-3, аттестованные на ряд показателей. В конце 80-х годов XX века эти ГСО прошли доаттестацию на содержание углерода способом сухого сжигания на автоматических анализаторах, были зарегистрированы по Государственному реестру мер и измерительных приборов соответственно под номерами 901-90, 902-90 и 903-90, а в 90-х годах - переаттестованы. Они были

внедрены в аналитическую практику в более чем 100 организациях научно-исследовательского и производственного профиля. Аттестованные значения ГСО чернозема типичного по Собщ (массовая доля компонента, %) и абсолютная погрешность аттестованного значения (при $P=0.95$, %) составили 3.6 и 0.2, соответственно, дерново-подзолистой почвы – 0.55 и 0.07, светло-каштановой почвы - 1.7 и 0.2 (“Стандартные образцы состава континентальных осадочных отложений”, 2001). В 2014-2016 гг. в рамках выполнения гранта РНФ №14-26-00079 “Био-физико-химическая диагностика качества органического вещества почв для разработки научно-теоретических основ агробиотехнологий” были впервые в России созданы и аттестованы по элементному составу гуминовые кислоты чернозема типичного (Курская область) и дерново-подзолистой почвы (Московская область). Выделение и очистку препаратов гуминовых кислот почв проводили в основном по методу Международного гуминового общества (Swift, 1996). Аттестация препаратов гуминовых кислот по С, Н, N составу проведена в строгом соответствии с действующими в настоящее время ГОСТами при участии ФГУП Уральский НИИ метрологии. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РФ 30.12.2016 г. на основании поданных нормативных документов выдало свидетельства на стандартные образцы состава гуминовых кислот типичного чернозема – ГКЧТ-К (ГСО №10862-2016) и дерново-подзолистой почвы - ГКПД-М (ГСО №10863-2016) со сроком действия ГСО 5 лет. Аттестованные значения (массовые %) и абсолютные погрешности аттестованных значений (при $P=0.95$, %) для ГКЧТ-К составили по С – 54.60 и 0.91, Н – 3.16 и 0.38, N – 3.22 и 0.40, а для ГКПД-М – С – 48.9 и 0.7, Н – 5.05 и 0.25, N – 5.08 и 0.26, соответственно.

РАСТВОРИМЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СОЛЕУСТОЙЧИВОЙ ФЛОРЫ

Кубик О.С., Шамрикова Е.В., Денева С.В., Панюков А.Н., Пунегов В.В.
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН ФГБУН ФИЦ “Коми НЦ УрО РАН”, г. Сыктывкар
kubik-olesia@yandex.ru

В последнее время отмечен всплеск интереса к исследованию цикла углерода. Особенности гумусообразования в почвах прибрежных районов Российской Арктики, как части циркумполярной цивилизации, практически не изучены. Детально территория исследована лишь с геоботанической точки зрения (Бабина, 2002; Орешникова, 2012; Сергиенко, 2012). В зоне непосредственного влияния моря распространена специфичная галофитная флора. Проявлением адаптации растений к условиям засоленной среды является аккумуляция в цитозоле осмолитов – растворимых органических, в том числе N-содержащих, соединений, не токсичных для клеточного метаболизма. Изучение состава биомассы видов-эдификаторов актуально для понимания процессов накопления органического вещества почв. Цель работы – оценка содержания растворимых органических соединений наземной части биомассы видов, доминирующих в напочвенном покрове прибрежных экосистем:

- полуостров Канин, побережье Белого моря, 66°38'47.5" 44°28'59.1"

i) виды травяного яруса приморского разнотравно-злакового луга, смесь обычных злаков сырых лугов, находящихся вне приливной зоны *Elymus fibrosus*, *Bromopsis inermis*, *Festuca rubra*,

ii) виды травяного яруса приморского разнотравно-злакового луга – смесь осок *Carex sp.* сырых лугов, находящихся вне приливной зоны,

- побережье Баренцева моря, устье р. Черная 68°36'24.9", 056°33'17.8"

iii) виды травяного яруса приморского засоленного луга, смесь галофитов *Carex subspathacea* (арктический приморский циркумполярный вид, характерный для приморских лугов – лайд, особенно для полосы прилива) и *Triglochin maritimum* (циркумполярный полизональный галофитный вид, характерный для приморских сырых лугов).

Растворимые кислоты и спирты извлекали водой (1:25), содержание соединений измеряли методом ГХ/МС. Относительная погрешность измерения составляет $\pm \delta \leq 3\%$. Для определения свободных аминокислот (АМК) навески образца трижды экстрагировали раствором этанола ($\omega = 40\%$). Химический анализ объектов проводили в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН.

Содержание общего углерода органических соединений биомассы растений составляет 350-410, общего азота – 21-33 г/кг, $C_{орг}/N_{общ} = 12-21$, для растворимой фракции соответственно – 30-70 и 4-8 г/кг, $C_{орг}/N_{общ} = 5-21$. Соединения кислой природы (0.4-0.9 г/кг) представлены молочной, гликолевой, яблочной, малоновой, глицериновой, 2,3,4-триоксимасляной, рибиновой, адипиновой, валериановой, янтарной, галактоновой, 3-оксимасляной и протокатеховой кислотами. Более 80% общей массы составляют кислоты с $pK_a < 4$. Содержание спиртов составляет 0.4-0.8 г/кг. Идентифицированы арабитол, глицерин (соответственно 40-50 и 30-50% общей массы), а также маннитол, мио-инзитол и эритриол. Массовая доля растворимых аминокислот равно 15-50%. Общим для всех объектов является наличие 14 АмК, массовая доля каждой из которых от суммарного содержания составляет менее 2%. Среди них цитруллин, треонин, глицин, фосфоэтаноламин, метионин, лейцин, изолейцин, гистидин, метилгистидин, этаноламин, карбокситин-гомоцистеин, фенилаланин, α -аминобутировая и аминокислоты. К девяти мажорным АмК относятся: серин, аспарагин, глутамин, пролин, аланин, валин, аспарагиновая, глутаминовая, γ -аминобутировая кислоты. Около половины массы АмК злаков приходится на пролин, пятая часть – на аспарагин и аспарагиновую кислоту, содержание остальных компонентов не превышает 5%. Специфика АмК-спектра осок определяется высокой долей глутаминовой кислоты и глутамина (в сумме около 36 %), аспарагиновой кислоты и аспарагина (в сумме 30 %).

Высокая извлекаемость изученных органических соединений водой свидетельствует о том, что живые растения служат значимым источником индивидуальных соединений, которые под воздействием атмосферных осадков могут поступать в почву и подвергаться различным трансформациям.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-04-00749 “Кислотный профиль как базовый регулятор почвообразовательных процессов (на примере арктических экосистем)”.

Выражаем благодарность ведущему инженеру-химику Л.В. Зубковой и инженеру-химику О.А. Кузивановой за выполнение аминокислотного анализа растительных объектов.

ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ СТАБИЛЬНОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ В ХОДЕ ПОСТАГРОГЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Курганова И.Н.¹, Лопес де Гереню В.О.¹, Мерино А.²

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

²Факультет почвоведения химии, Университет Сантьяго де Компостела, Луго,

В ходе постагрогенного развития и восстановления на бывших пахотных почвах естественной растительности в них наблюдаются активные процессы секвестрирования углерода (Kurganova et al., 2014). Два взаимосвязанных процесса - разложение и стабилизация почвенного органического углерода ($C_{орг}$) - определяют динамику в почвах и соотношение между выделением и поглощением CO_2 в экосистеме в целом. Помимо абиотических факторов на скорость разложения $C_{орг}$ влияют качество субстрата, физическая защищенность органического вещества, активность и состав микробного сообщества (Ryan and Law, 2005). Образование органоминеральных комплексов является одним из механизмов стабилизации $C_{орг}$ в почвах (Schmidt et al., 2011). Для характеристики его состава и стабильности обычно используют: (1) методы физико-химического фракционирования, основанные на свойствах $C_{орг}$ и его устойчивости к микробному разложению, и (2) прямые методы, позволяющие определить интенсивность разложения $C_{орг}$ по скорости выделения CO_2 . В представляемой работе мы исследовали, как выведение пахотных почв из сельскохозяйственного использования влияет на: (i) процессы секвестрирования $C_{орг}$, его состав и время оборачиваемости в ходе постагрогенной эволюции, (ii) показатели микробной активности, и (iii) механизмы стабилизации $C_{орг}$ в зависимости от длительности залежного режима и климата.

Исследование проводили в двух хронорядках залежных почв, расположенных в контрастных биоклиматических зонах Европейской России: лиственно-лесной (Московская обл., серые лесные почвы) и сухо-степной (Ростовская область, черноземы обыкновенные). Каждый хроноряд включал современную пашню, 3-4 залежные почвы, в разное время выведенные из сельскохозяйственного использования (от 7 до 35 лет), и их естественные аналоги, расположенные во вторичном лиственном лесу и в полностью восстановленном степном ценозе. Образцы почв, отобранные из верхнего, наиболее гумусированного слоя (0-10 см), были проанализированы методами ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и термического анализа (термогравиметрия, ТГА и дифференциальная сканирующая калориметрия, ДСК). В ходе 12-месячной инкубации почвенных образцов при температуре 22°C и оптимальной влажности почв с регулярным (не реже 1-2 раз в неделю) определением интенсивности выделения CO₂ были определены лабильный и устойчивый к разложению пулы Сорг.

Серые лесные почвы с низким содержанием Сорг во время постагрогенного развития демонстрировали гораздо более высокое относительное увеличение содержания Сорг (134%) по сравнению с более богатыми в отношении Сорг черноземами (38%). Рост С был зафиксирован во всех классах органических соединений, идентифицированных с помощью ЯМР и ТГА, но увеличение устойчивых форм Сорг было более выраженным в постагрогенных черноземах, чем в серых лесных почвах. Органическое вещество черноземов характеризовались также более высокой алифатичностью и ароматичностью, по сравнению с Сорг в серых лесных почвах. Состав Сорг объяснял 66-88% изменчивости микробной активности постагрогенных почв. Основным фактором, определяющим наибольшую долю от общей дисперсии большинства изученных параметров (54-88%), являлся тип почвы, представляющий собой функцию климата и растительности.

Таким образом, несмотря на то, что содержание Сорг в обоих типах почв увеличивалось во время постагрогенной эволюции, механизмы секвестрации и стабилизации С различались и зависели от климата, растительности и степени деградации почв во время сельскохозяйственного использования. Особенности накопления Сорг, изменения его состава и формирование механизмов стабильности в ходе постагрогенной эволюции были тесно связаны с микробной активностью, и соответствовали таковым в почвах естественных ценозов.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ (проект № 18-04-00773а).

Литература:

Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzyakov Y. Carbon cost of collective farming collapse in Russia // *Global Change Biology*. 2014. V. 20(3). P. 938-947.

Ryan M. G., Law B. E. Interpreting, measuring, and modeling soil respiration // *Biogeochemistry*. 2005. V. 73(1). P. 3-27.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ЦЕЛЛОБИОЗОДЕГИДРОГЕНАЗОЙ ГРИБА *CERRENA UNICOLOR*

Лисов А.В.^{1,2,3}, Белова О.В.¹, Лисова З.А.^{1,3}, Заварзина А.Г.³, Леонтьевский А.А.^{1,2}

¹ФГБУН Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН, г.Пушино
ssl208@rambler.ru

²ФГБУО Пущинский государственный естественно-научный институт, г.Пушино

³Московский государственный университет, Факультет почвоведения, г.Москва

Трансформация растительных остатков и гуминовых веществ (ГВ) микроорганизмами – важнейший фактор гумусообразования. Среди микроорганизмов, перерабатывающих растительные остатки, активными деструкторами химических соединений растительного опада являются базидиомицеты, выделяющие различные ферменты, такие как гидролазы и оксидоредуктазы. Целлобиозодегидрогеназа (ЦДГ, КФ 1.1.99.18) относится к внеклеточным оксидоредуктазам, участвующим в разрушении клеточных стенок растений. ЦДГ активно продуцируется многими грибами. Фермент катализирует окисление целлобиозы (продукта ферментативного гидролиза целлюлозы) до целлобиано лактона окислителями, в первую очередь хинонами и катион-радикалами

- продуктами действия оксидоредуктаз на лигнинные структуры (Henriksson et al., 2000; Cameron and Aust, 2001). Также в качестве окислителя целлюлозы может выступать кислород, восстанавливающийся в ходе реакции до перекиси водорода. В присутствии ионов Fe^{2+} и образовании под воздействием ЦДГ перекиси водорода может происходить реакция Фентона с выделением ОН радикалов (Henriksson et al., 2000). Реакции, запускаемые ЦДГ с участием свободных радикалов, известны в трансформации лигноцеллюлозы (Васильченко и др., 2003). Однако, роль этого фермента в трансформации гуминовых веществ неизвестна. Изучение взаимодействия ГК с ЦДГ позволяет оценить устойчивость ГК к воздействию ферментов целлюлолитического комплекса, а также изучить роль ковалентных связей в молекулярно-массовой организации ГК. Целью данной работы было изучить трансформацию гуминовых кислот под воздействием ЦДГ.

В качестве гриба-продуцента ЦДГ был выбран базидиомицет *Cerrena unicolor*, который является базидиомицетом белой гнили древесины и активно продуцирует ЦДГ, препарат которой был выделен из культуральной жидкости гриба, выращенного в целлюлолитических условиях и очищен до электрофоретически гомогенного состояния. Гуминовые кислоты (ГК) были выделены из дерново-подзолистой почвы по стандартной методике, очищены и охарактеризованы. Реакция ЦДГ с ГКД была изучена *in vitro* при 30°C и pH 4.5, концентрации ГКД 1 мг/мл. Молекулярно-массовые распределения ГК до и после реакции с ЦДГ изучали гель-фильтрацией на Сефадексе G-75 в 0.025 М Трис-НСl буфере с добавлением 0.1% SDS и 0.01 М NaCl.

Исходный препарат ГК содержит две фракции – высокомолекулярную, выходящую в свободном объеме колонки (MM>70кДа) и низкомолекулярную (около 10 кДа по глобулярным белкам). Обнаружено, что в присутствии ЦДГ и целлюлозы как донора электронов происходила эффективная деполимеризация ГК – уменьшение содержания высокомолекулярной фракции и увеличение пика низкомолекулярной фракции. Без целлюлозы деполимеризация не происходила, что указывает на окислительную природу наблюдаемой реакции. Для подтверждения участия в реакции свободных радикалов было изучено влияние на деполимеризацию ингибитора реакций с участием радикалов - маннитола, и каталазы – фермента, катализирующего расщепление перекиси водорода. И маннитол, и каталаза ингибировали деполимеризацию гуминовых кислот, что подтверждает участие в реакции свободных радикалов и перекиси. Мы предполагаем, что свободные радикалы могли образовываться из перекиси в результате реакции Фентона, однако для этого необходимо наличие ионов Fe^{2+} , которые в реакционную смесь не добавляли. Однако, в составе зольных компонентов препарата ГК присутствуют ионы железа, за счет которых возможно осуществление реакции Фентона. Таким образом, нами впервые показано, что гуминовые кислоты деполимеризуются грибной целлюлозодегидрогеназой – окислительным ферментом целлюлолитического комплекса дереворазрушающих грибов. Результаты работы свидетельствуют о том, что ГК почв содержат истинно макромолекулярные компоненты, разрушающиеся под действием фермента, действующего на ковалентные связи, что не согласуется с популярной теорией о низкомолекулярной природе гуминовых веществ (Piccolo 2001).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-14-01207.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ДВУХДОМЕННОЙ ЛАККАЗОЙ БАКТЕРИИ *STREPTOMYCES ANULATUS* VKMAC-728 ПРИ ЩЕЛОЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ pH

Лисова З.А.¹, Трубицина Л.И.¹, Трубицин И.В.¹, Лисов А.В.^{1,2}, Заварзина А.Г.³, Леонтьевский А.А.^{1,2}

¹ФГБУН Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН, 142290, г.Пушино, пр-т Науки, д. 5; ssl204@rambler.ru

²ФГБУО Пущинский государственный естественно-научный институт, 142290, г.Пушино, Московская обл., Проспект Науки, д. 3

³Московский государственный университет, Факультет почвоведения, 119991, Москва, Ленинские горы, д.1, стр.12,

Почва – сложная органо-минеральная структура, представляющая верхний слой поверхности Земли и обладающая плодородием. Гуминовые вещества (ГВ) составляют главную часть

органического вещества почвы. Данные соединения являются органическими молекулами различной степени полимерности. Синтез ГВ – сложный процесс, происходящий под воздействием биологических и химических факторов. Основой для синтеза ГВ являются растительные остатки. Микроорганизмы трансформируют растительные остатки с помощью различных ферментов. Одной из основных оксидаз, продуцируемой почвенными грибами и бактериями, является лакказа – фермент, катализирующий окисление фенольных соединений кислородом. Среди лакказ выделяют особую форму – двухдоменные (2д) лакказы, молекулы которых организованы двумя доменами. 2д лакказы малоизучены с точки зрения их участия в почвообразовании, что странно, поскольку 2д лакказы широко распространены среди почвенных бактерий. Основными продуцентами этого фермента являются бактерии рода *Streptomyces*, широко распространенные в почве. Цель данной работы – характеристика 2д лакказы бактерии *S. anulatus* VKMAc-728 и исследование трансформации ГВ этим ферментом. В геноме *S. anulatus* был идентифицирован ген 2д лакказы. Ген лакказы был клонирован без последовательности сигнального пептида в вектор pQE-30. Для экспрессии фермента в культуру *E. coli* M15 (pRep4), трансформированную плазмидами со вставкой, вносили индуктор 0,1 мМ ИПТГ, а также 0,25 мМ CuSO_4 . Лакказа была получена в электрофоретически гомогенном состоянии. Молекулярная масса фермента, согласно данным ДСН-ПААГ-электрофореза, составила 39 кДа, что хорошо согласуется с теоретически рассчитанной на основании последовательности гена величиной (35,6 кДа). Нативная молекула фермента представляет собой олигомер с числом субъединиц от 6 до 9. Фермент катализировал окисление субстрата АБТС с оптимумом при pH 3,0 и 2,6-диметоксифенол с оптимумом при pH 9,0, был более стабилен при значениях pH 5-11. Температурный оптимум лакказы составил 75°C. Остаточная активность фермента после часа инкубирования при 70°C, 80°C и 90°C составила 50%, 40% и 15%, соответственно. Фермент эффективно катализировал окисление АБТС ($K_m=0,017\text{мМ}$, $k_{\text{кат}}=4,72\text{сек}^{-1}$) и $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ($K_m=6,7\text{мМ}$, $k_{\text{кат}}=21,8\text{сек}^{-1}$). Окисление фенолов происходило менее эффективно – 2,6-диметоксифенола ($K_m=1,64\text{мМ}$, $k_{\text{кат}}=0,32\text{сек}^{-1}$) и гваякола ($K_m=7,8\text{мМ}$, $k_{\text{кат}}=0,075\text{сек}^{-1}$). 2д лакказа эффективно трансформировала ГВ, выделенные из дерново-подзолистой почвы, чернозема и торфа, увеличивая степень её полимеризации. Так же 2д фермент увеличивал степень полимеризации низкомолекулярной и высокомолекулярной фракции ГВ. Таким образом, нами впервые показана возможность трансформации ГВ 2д лакказами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке научного проекта РФФИ № 18-34-00566.

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СОСТАВ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ТАЕЖНЫХ И ТУНДРОВЫХ ПОЧВ

Лодыгин Е.Д., Василевич Р.С.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, lodigin@ib.komisc.ru

Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР) высокого разрешения – один из самых активно развиваемых физических методов изучения почвенного органического вещества. Достижения последних лет в развитии технологии метода ЯМР позволили его применение и для исследования гумусовых кислот почв. Использование сверхпроводящих магнитов (с частотой до 1000 МГц для ^1H) и преобразования Фурье позволило не только разделять сигналы при высоком уровне шумов или при их наложении, но и выполнять расчет интегральной интенсивности сигналов.

Для изучения особенностей структурно-функциональных параметров органического вещества таежных и тундровых почв нами были сняты ^{13}C -ЯМР спектры (техника CP-MAS) препаратов гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК). Все полученные спектры гумусовых кислот характеризуются широкими полосами поглощения, обусловленными перекрытием нескольких сигналов. В структуре гумусовых кислот идентифицированы следующие функциональные группы и молекулярные фрагменты: карбоксильные; карбонильные; алифатические; структуры спиртов, эфиров и углеводов; фенольные; хинонные; ароматические фрагменты, что свидетельствует о большой сложности строения гумусовых веществ и полифункциональных свойствах, обуславливающих их активное участие в почвенных процессах. Установлено, что в макромолекулах

ГК всех исследованных почв преобладают ароматические структуры с относительно небольшой долей углеводных фрагментов, по сравнению с ФК, в структуре которых диагностирован значительный вклад углеводных компонентов, что определяет их высокую растворимость, миграционную способность и низкую гидрофобность.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что избыточное увлажнение заметно влияет не только на количество накапливаемых гумусовых соединений, но и оказывает воздействие на их молекулярную структуру, а именно, обуславливает накопление в полугидроморфных и гидроморфных почвах гумусовых веществ, обогащенных алифатическими цепочками. Переувлажнение, в совокупности с анаэробными условиями и низкой микробиологической активностью заметно снижает скорость трансформации почвенного органического вещества и приводит к увеличению доли неокисленных алифатических фрагментов в структуре гумусовых кислот.

Оценка молекулярного состава ГК минеральных и торфяных тундровых почв показала, что исследованные препараты ГК почв Большеземельской тундры менее обогащены ароматическими структурами и содержат высокую долю алифатических фрагментов, что сближает их по относительному составу с ФК таежных почв. Полученные аналитические материалы для тундровых почв указывают, что избыточное увлажнение приводит не только к аккумуляции ГВ, но и обуславливает накопление в торфяных почвах ГВ, обогащенных углеводными структурами. Спецификой тундрового гумусообразования является нивелирование структурно-функциональных параметров основных классов специфических органических соединений почв – гуминовых и фульвокислот, что подтверждает гипотезу Д.С. Орлова (1990) об уменьшении зональной дифференциации гумусовых веществ при переходе к арктическим почвам. Полученные результаты для структурно-функционального состава гумусовых веществ тундровых почв соответствуют литературным данным и близки для ГВ тундровых почв Аляски (Dai et al., 2001), Российского сектора Арктики (Abakumov et al., 2015) и Антарктики (Абакумов, Фаттахова, 2015; Чуков и др., 2015).

Сравнительный анализ молекулярного состава ГК и ФК таежных и тундровых почв показал, что при переходе от почв южной тайги к южной тундре происходит значительная трансформация структурно-функциональных параметров гумусовых веществ, которая выражается в уменьшении доли ароматических фрагментов и увеличении лабильных углеводных, аминокислотных и метоксильных остатков. Основными факторами, влияющими на строение и свойства высокомолекулярных органических соединений почв, являются климатические условия (температурный и водный режимы), обуславливающие специфику растительности и микробиологической активности исследованных почв.

Благодарность. Работа выполнена в рамках госбюджетной темы Института биологии (№ Гр. АААА-А17-117122290011-5) и гранта РФФИ № 18-05-60195 (№ Гр. АААА-А18-118062090029-0).

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ СРЕДЫ НА СОСТАВ ВОДОРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Мальцева А.Н., Пинский Д.Л.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино,
ansmalc@mail.ru

Растворенное органическое вещество (РОВ) представляет собой небольшую, но наиболее активную фракцию органического вещества (ОВ) в почве и имеет большое значение в различных биогеохимических процессах. Органический углерод ($C_{\text{орг}}$) поступает в почву, главным образом, в составе растительных остатков (РО). Биохимическая трансформация РО идет через стадию высвобождения органических соединений из клеток растительных тканей под воздействием микроорганизмов в раствор. Состав и свойства РОВ определяют процесс его биodeградации. Переходящие в раствор органические соединения подвергаются сорбции на минеральной поверхности. Причем этот процесс происходит гораздо быстрее процессов биodeградации. Сорбция протекает селективно и зависит как от химической природы РОВ, так и от состава и свойств

поверхности минеральной матрицы. Минеральная часть почвы, особенно глинистые минералы, является одним из ключевых факторов, влияющих на процессы трансформации органического углерода в почве, в том числе на гумификацию ОВ. Оценка изменений состава РОВ в ходе трансформации РО может предложить более глубокое понимание механизмов и факторов, контролирующих биодеградацию и стабилизацию ОВ.

Целью данной работы является исследование влияния минеральной среды на химический состав водорастворимого органического вещества (ВОВ), формирующегося в процессе микробной деградации растительных остатков в модельном инкубационном эксперименте. Объектами исследования служили искусственные органо-минеральные субстраты, полученные добавлением к минеральным компонентам наземной части клевера или кукурузы. В качестве минеральных наполнителей использовали суглинки, смесь суглинка с каолинитом (30 %) или бентонитом (15 %). Для оценки влияния минералов на состав ВОВ применены методы ультрафиолетовой, видимой и флуоресцентной спектроскопии, которые отличаются простотой и высокой чувствительностью. ВОВ извлекали из субстратов при соотношении твердая фаза:вода=1:2 при комнатной температуре. Экстракты подвергали фильтрации под вакуумом через мембранные фильтры с размерами пор 0.45 микрон. Спектральные измерения растворов проводили с помощью спектрофлуориметра Флюорат-02-Панорама фирмы Люмэкс. Снимали спектры поглощения в интервале длин волн 200-700 нм, а также спектры эмиссии и синхронные спектры флуоресценции.

В зависимости от варианта эксперимента водные экстракты имели концентрацию 40-100 мгС_{орг}/л. Выявлены особенности спектральных характеристик ВОВ в зависимости от его происхождения. Показатель удельного поглощения SUVA₂₅₄ характеризует содержание ароматических фрагментов в составе ВОВ. Значения SUVA₂₅₄ ВОВ органо-минеральных субстратов составляли 0.037-0.050 л·мгС⁻¹_{орг}·см⁻¹. Наибольшие значения SUVA₂₅₄ соответствуют вариантам с внесением бентонитовой глины. Установлено, что показатель SUVA₂₅₄ и индекс флуоресценции выше для ВОВ в составе органо-минеральных субстратов, по сравнению со свежими РО и РО инкубируемыми без минеральной среды. В процессе трансформации растительного материала происходит обогащение ВОВ ароматическими компонентами. По данным флуоресцентной спектрометрии рассчитан индекс гумификации (НІХ), который является индикатором ароматического характера растворенного органического вещества, его зрелости и гидрофобности. ВОВ негумифицированного растительного материала характеризовалось величиной НІХ 0.4-0.7. Значение индекса гумификации экстрактов, выделенных из органо-минеральных субстратов, составляло 2.2-3.1. Конечные продукты трансформации РО в составе субстратов более ароматичные, по сравнению с исходным растительным материалом. Показано, что при разложении РО в контакте с минералами происходит увеличение степени гумификации и ароматичности ОВ. В соответствии с «красным» сдвигом максимума флуоресценции ароматичность и гидрофобность ВОВ возрастает в ряду: суглинки → суглинки + каолинистая глина → суглинки + бентонитовая глина. Наибольшая ароматичность характерна для связанного ОВ в составе органо-минеральных комплексов в присутствии глин. Причем, данная закономерность выявлена при инкубации обоих видов РО. Таким образом, независимо от вида разлагающихся остатков минеральная среда существенно определяет состав и размеры молекул ОВ переходящих в раствор.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 16-04-00924.

ТЕРМИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ И ОКСИТЕРМОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В ПОЧВАХ И ТОРФЕ

Михайлова А.В., Линник В.Г., Зуев Б.К.

ФГБУН Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, Москва,
xemafiltra@ya.ru

Известно, что состав органической части почв и торфа сложен [1, 2]. По литературным данным можно насчитать >900 составляющих: индивидуальных органических веществ различной природы, их изомеров, комплексов с металлами и др., исключая наличие биологических форм. Все это

осложняет анализ таких объектов, и, прежде всего, подготовку их проб, которая априори не будет ограничиваться одной стадией. Однако известно, что наиболее интересующая часть любых почв, характеризующих их плодородие, – это наличие гуминовых кислот (ГК), скорость их вымывания и накопления. Содержатся ГВ практически во всех почвах, только количество их в разных местах Земли различно. Основой плодородия земли и хороших урожаев являются органические вещества почвы, и прежде всего гуминовые. Поэтому, и в настоящее время идет постоянно поиск новых методов, позволяющих адекватно анализировать содержащие ГВ образцы. В отличие от длительных химических методов (так называемых «мокрых») наибольший интерес представляет разработка экспрессных инструментальных методов. Авторами применен метод окситермометрии для выделения и количественного определения суммарной фракции ГК как обобщенной характеристики почв. Инструментально метод разработан в ГЕОХИ РАН [3]. Метод характеризуется практически отсутствием пробоподготовки, малым количеством анализируемого вещества, точностью, быстротой, определением только органического углерода, наглядностью, возможностью идентификации участков термограммы по времени. Экспериментальная установка включает высокотемпературный реактор, кварцевую лодочку для подачи образца в реактор, оригинальную графическую программу алгоритма движения лодочки, так называемый профиль ее движения, регистрирующий сигнал датчик кислорода. Информация с датчика кислорода, с помощью специально созданного электронного блока и программного обеспечения выводится на экран компьютера в виде зависимости концентрации кислорода (отн. едн. в мВ) от времени. Результаты анализа получаются в виде окситермограммы - симметричного отрицательного пика или нескольких пиков. Площадь пика (пиков) и является количественной характеристикой определяемого вещества в образце. Как правило, полученные окситермограммы при оптимальном профиле являются характерными для органических веществ. Нами показано, что для ГК оказался один пик - узкий экстремум с минимумом в 200 с.

Метод апробировали и калибровали прибор с помощью стандартного образца ГК – торговом препарате марки БИОЛАР, с содержанием органического углерода 42%. Для сжигания брали различные навески воздушно-сухого препарата ГК (от 3 до 12 мг), и по полученным данным строили градуировочную зависимость. Затем в тех же условиях сжигали торф болот Московской (Журавлиная Родина, Радовицкий Мох) и Тверской (Галицкий Мох) областей и почвы, которые предварительно высушивали при 105 °С для удаления гигроскопической влаги и считали такой торф воздушно-сухим. Регистрировали площадь пика ГК каждой навески, количественное содержание органического углерода находили по градуировочному графику.

1. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
2. Перминова И.В. Гуминовые вещества и химия сложных систем: вводный курс. Курс лекций. 2005. <http://www.humus.ru/ru/researches/#sec8>
3. Зуев Б.К., Филоненко В.Г., Нестерович Д.С., Поликарпова П.Д. Определение гиалуроновой кислоты в водных растворах с использованием воздуха // Журн. аналитич. химии. 2018. (в печати).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЦИКЛИЧЕСКОГО КРИОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОЛЛОИДНОЕ СОСТОЯНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Кузнецова И.А., Орлов А.С., Мироненко К.А.
ФГБУН ФИЦКИА РАН, Архангельск, alseror@yandex.ru

Гумусовые вещества являются одним из основных структурообразующих компонентов почв, отвечающих за их плодородие и устойчивость к эрозионным процессам, которые могут возникать под действием как природных, так и антропогенных факторов. К таким факторам в условиях холодного климата Европейского Севера РФ можно отнести в первую очередь циклическое криогенное воздействие, влияние которого на состояние гумусной составляющей почв в настоящее время слабо изучено. Вместе с тем следует отметить крайне низкую устойчивость и способность почв арктических и приарктических экосистем к самовосстановлению.

В ходе данного исследования методом гидродинамического светорассеяния с применением лазерного анализатора размеров частиц Horiba LB550 [1; 2] изучено влияние циклического криогенного воздействия на гидродинамические характеристики гумусовых веществ почв северной тайги.

По результатам модельного эксперимента с гумусовыми веществами будут представлены данные об изменении их коллоидной устойчивости в условиях циклического замораживания-оттаивания на примере модельных смесей.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-35-00552 «Исследование роли криогенеза при формировании состава и физико-химических свойств почв северной тайги на примере почв Онежского района Архангельской области».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парфенова Л.Н., Труфанова М.В., Селянина С.Б., Боголицын К.Г., Орлов А.С., Стригуцкий В.П. Гидродинамические и поверхностно-активные свойства торфяных гуматов // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 12-7. С. 1411-1417.
2. Parfenova L.N., Selyanina S.B., Trufanova M.V., Bogolitsyn K.G., Orlov A.S., Volkova N.N., Ponomareva T.I., Sokolova T.V. Influence of climatic and hydrological factors on structure and composition of peat from northern wetland territories with low anthropogenic impact // *The Science of the Total Environment*. 2016. Т. 551-552. С. 108-115.

НОВЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ (СГК/СФК) И СТЕПЕНИ ГУМИФИКАЦИИ (Е4/Е6)

Перминова И.В., Воликов А.Б., Константинов А.И., Ширшин Е.А.
МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, iperm@med.chem.msu.ru

Постоянное совершенствование аналитической техники и появление новых инструментальных методов открывают большие возможности как для структурного анализа гуминовых веществ, так и для определения параметров гумусного состояния почв и оценки степени гумификации, традиционно используемых в почвоведении. Цель данного доклада – продемонстрировать новые инструментальные подходы к определению содержания органического вещества в почве, отношения содержания гуминовых и фульвокислот, а так же степени гумификации гуминовых веществ. Стандартные методы определения указанных параметров основаны на бихроматометрическом титровании (Сорг, Сгк/Сфк) и на измерении оптической плотности растворов гуминовых веществ в красной области спектра поглощения (Е4/Е6). Несмотря на широкую распространенность данных методов анализа, недостатками указанного метода определения Сорг и Сгк/Сфк является использование канцерогенного бихромата в качестве аналитического реактива и трудно автоматизируемого метода – титрования. При определении Е4/Е6 на первое место выходят большие ошибки определения, связанные с низким поглощением ГВ при 465 и 650 нм и сопряженной с этим фактором неточностью измерения низких оптических плотностей. Для преодоления указанных ограничений в данной работе для определения Сорг и Сгк/Сфк использован метод автоматического определения органического углерода, а для определения степени гумификации предложено использовать метод спектроскопии протонного магнитного резонанса (ПМР). При разработке инструментального метода определения Сгк/Сфк использовали способ извлечения и разделения фракций гуминовых и фульвокислот в модификации Кононовой и Бельчиковой (1961). Определение органического углерода проводили с использованием автоматического анализатора углерода ТОС-Л (Shimadzu, Япония). Для определения отношения Сгк/Сфк проводили два определения органического углерода: в пирофосфатной вытяжке из исследуемой почвы и в этой же вытяжке после осаждения ГК. Последний показатель принимали как содержание ФК, а содержание ГК рассчитывали как разность между общим содержанием органического углерода в начальной вытяжке и содержанием ФК. Указанный подход использовали как для анализа почв, так и гуминовых препаратов. Полученные результаты показали хорошую сходимость с результатами, полученными с использованием бихроматометрического титрования для этих же объектов.

В качестве альтернативного метода определения степени гумификации ГВ использовали метод спектроскопии ПМР, который позволяет определить полное распределение как подвижных, так и скелетных протонов между структурными группами ГВ. При этом предполагали, что степень гумификации будет обратно пропорциональна содержанию протонов в составе алифатических длинноцепочечных фрагментов (СН_n) и прямо пропорциональна содержанию протонов в составе мостиковых фрагментов в α-положении к электроноакцепторным группам (например, ароматические кольца, карбоксильные группы) ароматическим (СН_α). Тем самым структурным маркером степени гумификации может служить отношение СН_n/ СН_α. Для подтверждения указанной гипотезы были проведены исследования на широкой выборке препаратов, выделенных из многолетнемерзлых пород с высоким вкладом алифатических фрагментов и из вод рек средней полосы, характеризующихся высоким вкладом ароматических фрагментов. Проведенные эксперименты подтвердили наличие статистически значимой корреляционной взаимосвязи между показателем Е4/Е6 и СН_n/ СН_α. Полученные результаты позволили установить ведущую роль алифатических фрагментов в формировании комплексов с переносом заряда в составе супрамолекулярных ансамблей ГВ.

В работе предложены новые инструментальные подходы для определения гумусного состояния и степени гумификации гуминовых веществ и способы интерпретации получаемых результатов.

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант 16-14-00167).

РОЛЬ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТРИЦ В ФОРМИРОВАНИИ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПОЧВЫ

Пинский Д.Л., Мальцева А.Н.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино,
pinsky43@mail.ru

Гумусовые вещества (ГВ) почв играют исключительно важную роль в почвообразовании и функционировании почв в биосфере. На протяжении 200 лет их исследованию посвящено огромное количество работ. Несмотря на это, в проблеме гумификации остается много нерешенных и спорных вопросов. В их числе механизмы формирования ГВ. Трансформация органических остатков в почвах включает два противоположно направленных процесса: минерализацию и гумификацию органического вещества (ОВ). Оба представляют собой сложные многоступенчатые последовательно- параллельные процессы, которые включают биохимическое разложение органических остатков, частично новообразованного органического материала, стабилизацию продуктов разложения на каждом этапе, трансформацию более стабильных пулов ОВ и частичную минерализацию уже стабилизированных гумусовых веществ. Таким образом, образуется непрерывный набор органических и органоминеральных соединений, отличающихся по своей устойчивости к разложению почвенными микроорганизмами.

В работах, посвященных проблеме гумификации органических остатков основное внимание уделяется составу растительного опада и биохимическим процессам его трансформации. Участие минеральных компонентов почвы, которые составляют не менее 95% массы гумусовых горизонтов большинства почв, в этих процессах не рассматривается, либо рассматривается в общем виде как некая инертная среда, в которой осуществляются процессы гумификации. Целью данной работы, является исследование роли минеральных матриц в трансформации растительных остатков (РО) кукурузы и клевера в минеральных субстратах, представленных суглинком, кварцевым песком, и смесью песка с 15% каолинита и 10% бентонита. Инкубационные эксперименты проводили в контролируемых условиях при 20 °С и 60% полной влагоемкости в течение от 6 до 19 месяцев.

Было показано, что состав РО и минеральных субстратов оказывает существенное влияние на динамику и кинетику разложения. РО клевера в целом разлагаются быстрее, а глубина гумификации больше, чем у кукурузы. Установлен волнообразный характер динамики разложения, что связано с изменением состава органического вещества при его минерализации и микробного сообществ в условиях эксперимента. Рассмотрено распределение новообразованного органического вещества по денсиметрическим фракциям суглинка. Показано, что в легкой фракции-1 (<1.4г/см³)

концентрируются, в основном, не разложившиеся до конца РО; в легкой фракции-2 (1.4-2.2 г/см³) – минерал-органические соединения, а в тяжелой фракции (> 2/2 мг/кг) общее содержание ОВ меньше, чем в первых двух, но доля конденсированных структур более высокая. Анализ группового состава новообразованного органического вещества методами ИК Фурье спектроскопии и ¹³С ЯМР спектроскопии показал, что во всех случаях он постоянен и включает следующие функциональные группы: –COOH, CArOH, >C=O, C₆H₆ и –CH_n. Однако соотношение этих групп зависит от состава субстрата. На основе полученных данных разработана новая концепция гумификации, учитывающая роль минеральных матриц в данном процессе.

Наиболее универсальным механизмом стабилизации ОВ в почве является их адсорбция минеральными фазами почв. Этот же механизм в значительной степени обуславливает трансформацию ОВ почвы в связи с тем, что до 90% микроорганизмов и свободных ферментов локализованы на поверхности минеральных фаз или вблизи нее. Следует отметить, что поверхности минеральных компонентов почвенной массы, которые, собственно, и являются минеральными матрицами, в силу их химического состава и структуры, а также влияния внешних факторов, неоднородны и обладают специфичностью по отношению к органическим молекулам разного состава и свойств. Таким образом, стабилизация новообразованных в процессе разложения ОВ носит специфический селективный характер.

Концепция предполагает возможность формирования новых специфических химических соединений из стабилизированных продуктов разложения органических остатков за счет матричного и ферментативного синтеза.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-00924И).

ПОПРАВКИ К НЕКОТОРЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

Попов А.И., Сазанова Е.В., Холостов Г.Д., Бирилко Д.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, raihumic@gmail.com

В практике российских почвоведов оценка качественного состава почвенного органического вещества (ПОВ) базируется на определении так называемого гумусового состояния почв (Гришина, Орлов, 1978; Орлов и др., 1996; 2004). При этом отношение углерода гуминовых кислот (ГК) к углероду фульвокислот (ФК) — $C_{ГК}/C_{ФК}$ — считается наиболее информативным показателем при всей его условности. Выравнивание концентрации гумусовых кислот по углероду в получаемых щелочных вытяжках перед осаждением ГК не производится.

Кроме того, при оценке гумусового состояния почв учитывается присутствие или отсутствие хлорофилла в спиртобензольной вытяжке из почв. Наличие хлорофилла в ПОВ чаще всего определяют на основании приращения оптической плотности при $\lambda = 660-670$ нм (Аммосова и др., 1973), а содержание же хлорофиллов *a* и *b*, феофитинов и каротиноидов в составе ПОВ практически не определяют.

Целью работы являлось установить влияние исходной концентрации гумусовых кислот на отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ и определить содержание хлорофиллов *a* и *b*, феофитинов и каротиноидов в составе ПОВ.

Объектами исследования были выбраны гумусовые горизонты почв лесостепи Белгородской области: серо-гумусовый (AY) и элювиально-гумусовый (AEL) горизонты серой почвы, тёмно-гумусовые горизонты (AU1 и AU2) тёмно-серой почвы, тёмно-гумусовые горизонты (AU1 и AU2) чернозёма миграционно-мицелярного.

Гумусовые кислоты выделялись щелочным раствором пиррофосфата натрия (Кононова, Бельчикова, 1961). Содержание углерода органических соединений в растворах определялось без упаривания и с колориметрическим окончанием (Цыплёнков, Попов, 1979). Для установления отношения $C_{ГК}/C_{ФК}$ готовилась серия растворов с тремя разными концентрациями (1,0, 0,5 и 0,25 мг С/мл) гумусовых кислот. Осаждение ГК производилось подкислением растворов гумусовых кислот

серной кислотой до $pH \sim 1$. Гуминовые кислоты отделялись центрифугированием, после чего, их осадок растворялся в 0,1 н. растворе NaOH.

Хлорофиллоподобные соединения (ХПС) и каротиноиды выделяли из почвенных образцов 90 % раствором ацетона. Для количественного их определения использовался спектрофотометр. Выявление содержания хлорофиллов *a* и *b* и каротиноидов проводилось на основе приращения величин оптических плотностей растворов при $\lambda = 470, 646$ и 663 нм, а содержание феофитинов — сравнением оптических плотностей при $\lambda = 665$ нм исходных и подкисленных исследуемых вытяжек. «Общее содержание хлорофилла» определяли в тех же ацетоновых вытяжках на фотоэлектроколориметре со светофильтром $\lambda = 660\text{--}670$ нм.

Было установлено, что во всех объектах исследования с уменьшением концентрации растворов гумусовых кислот происходило сужение отношения $C_{ГК}/C_{ФК}$, то есть снижалась доля ГК и возрастала доля ФК. Это явление было обусловлено коллоидными свойствами гуминовых веществ, в частности критической концентрацией мицеллообразования, т. е. такой концентрации при которой начинается самопроизвольное мицеллообразование — образование супрамолекулярных комплексов (Попов, 2004).

Также было выявлено, что хлорофиллы *a* и *b* присутствовали только в АУ серой и АУ1 темно-серой почвах, феофитины — в АУ серой почвы, а каротиноиды — в ацетоновых вытяжках всех объектов. Иными словами, окраска ацетоновых вытяжек в основном зависела от присутствия каротиноидов. «Общее содержание хлорофилла» было значительно ниже, чем суммарное содержание ХПС и каротиноидов.

Таким образом, для повышения информативности параметров гумусового состояния почв, в частности такого важного параметра, как отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$, перед осаждением ГК необходимо выравнивать по концентрации растворы гумусовых кислот — до какой то определенной для всех объектов. Кроме того, необходимо в составе ПОВ определять содержание хлорофиллов *a* и *b*, феофитинов и каротиноидов, а не «общее содержание хлорофилла».

ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА ПОДВЕШЕННЫХ ПОЧВ, ЮЖНЫЙ ВЬЕТНАМ

¹Родина О.А., ¹Абакумов Е.В., ²Еськов А.К.

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г.Санкт-Петербург

²Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, г. Москва

oxanarod@yandex.ru

Гумификация, универсальный процесс превращения органических веществ и полимеризации молекул олигомеров и мономеров в супрамолекулы высокомолекулярных веществ темного цвета, рассматривается как глобальный процесс, осуществляемый не только в почвах и органических отложениях, но и в естественных водах и даже в воздухе. При этом исследования явлений гумификации в подвешенной почве тропических лесов можно обсуждать как недооцененные в этом разделе науки.

В последнее время термин «подвешенные почвы» в литературе встречается все чаще. Подвешенные почвы представляют собой ту часть органического вещества, которая не прошла полную стадию детритизации и не превратилась в гумус наземных почв. Детритизация является одним из важных процессов функционирования лесных экосистем, обеспечивая круговорот веществ. Скорость разложения органических веществ часто находится в зависимости от климатических условий (температуры и количества осадков), качества разлагающегося материала и видового состава сообщества редуцентов. Данный процесс начинается со старения листьев, листопада и осадения опада в лесной подстилке. Однако, если эта последовательность нарушается, органическое вещество не попадает в подстилку сразу, а накапливается в «корзиночных» и «скобочных» эпифитах, почвоподобных образованиях бромелиевых, на обломившихся и застрявших в кронах сучьях крупных деревьев и т.д. Такие почвы могут долгое время существовать в форме неразложившегося органического вещества и временно задерживать органическое вещество от попадания его на

поверхности почв. Таким образом, подвешенные почвы являются первичным депо органического вещества, переходящего в процесс почвообразования, и представляют собой важный объект для исследования процессов гумификации.

Участок исследования был расположен на острове Фу-Куок (Южный Вьетнам), 2015г. Подробное описание климатических условий и характеристика сообществ указана нами ранее (Еськов, 2013; Еськов и др., 2017; Абакумов и др., 2018). Всего для исследования взято 3 образца (1 – почва под форофитом, 2 и 3 – почва эпифитных образований). Группы структурных соединений гуминовых кислот и валового органического вещества исследовали с использованием ЯМР-спектрометра (Bruker Avance III WB 400 (100.64 MHz for ^{13}C and 400.23 MHz for ^1H)).

В целом, подвешенные почвы характеризуются малым содержанием ароматических соединений. Даже визуально на спектрах валового органического вещества можно отметить невысокое содержание ароматики (сумма площадей 100-170ppm и 183-190ppm) по сравнению с алифатикой. Согласно термодинамической концепции гумификации происходит термодинамических отбор гуминовых веществ на основе отбора устойчивых ароматических колец, сопряженных с карбоксилами, а алифатическая периферия незначительно уменьшается за счет минерализации. Полученные нами результаты соответствуют данной концепции: доля алифатики в составе структурных соединений валового органического вещества выше, чем в гуминовых кислотах. Таким образом, можно сделать вывод, что в подвешенных почвах происходят процессы гумификации.

1. Абакумов, Е. В., Родина, О. А., Еськов, А. К., (2018). Humification and Humic Acid Composition of Suspended Soil in Oligotrophous Environments in South Vietnam. *Applied and Environmental Soil Science*, 2018, [Article ID 1026237].
2. Еськов, А. К., Абакумов, Е. В., Тиунов, А. В., Кузнецова, О. А., Дубовиков, Д. А., Прилепский, Н. Г., Антипина, В. А., Кузнецов, А. Н., (2017). Агеотропные воздушные корни–улавливатели гнездовых эпифитов и их роль в формировании подвешенных почв. *ЖУРНАЛ ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ*, 78(3):54–68.
3. Еськов, А.К., 2013. Эпифитные сообщества древесных формаций Южного Вьетнама: анализ видового состава и строения синузий в зависимости от степени антропогенного влияния // Журн. общ. биологии. Т. 74. № 5. С. 386–398

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-04-00677.

АНАЛИЗ СОСТАВА И СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ И ТОРФОВ СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Тихова В.Д.

Новосибирский институт органической химии им. Н.Н.Ворожцова СО РАН, Новосибирск

Реализован комплексный и стандартизованный подход к анализу гуминовых кислот различного происхождения, состоящий из четырех методов, позволяющих исследовать данные объекты на разных уровнях качественного (ИК-спектроскопия) и количественного анализа (термический и элементный анализ, ЯМР-спектроскопия). С использованием комплекса этих методов проведен сравнительный анализ гуминовых кислот, полученных из почв и каустобиолитов (торфов и углей) Сибирского региона и показана возможность диагностирования происхождения гуминовых препаратов и их предполагаемой биологической активности.

С помощью вышеупомянутых методов исследования были получены следующие параметры:

- абрис ИК-спектра
- абрис диаграмм ДСК
- отношение потерь массы образца в интервалах 20-400/400-700°C
- массовые доли (%) С, Н, N, О на беззольную навеску,
- атомные отношения Н/С, С/N, О/С

- относительное (%) содержание в макромолекуле карбоксильных, ароматических, полисахаридных и алифатических фрагментов

Для оценки метрологических параметров используемых методов анализа были использованы ГК, выделенные одинаковым способом из торфа низинного Таганского месторождения Томской области с высокой степенью разложения ($R = 30\%$) и зольностью (25.5%), древесного ботанического состава.

Определены доверительные интервалы ($P=0.95$, $m=5$), в которых изменяются параметры элементного и фрагментного состава ГК, если они выделены одним и тем же методом, а именно: при определении элементного состава – $C \pm 1.4\%$, $H \pm 0.6\%$, $N \pm 0.1\%$; при определении фрагментного состава по данным ЯМР ^{13}C – C (карбоксильный) $\pm 2.8\%$; C (ароматический) $\pm 3.3\%$; C (полисахаридный) $\pm 1.7\%$; C (алифатический) $\pm 2.5\%$.

Было исследовано влияние способа выделения на состав ГК торфа и показано, что изменения любой стадии выделения ГК приводят к значимым различиям в тех или иных параметрах состава макромолекул.

Показана зависимость состава и структурных особенностей ГК от климатических условий формирования на примере ГК, выделенные из зонально-генетического ряда почв Западной Сибири. Можно проиллюстрировать эти изменения в виде зависимости отдельных параметров ЭС и ФС от продолжительности периода биологической активности (ПБА) почвы, который исчисляется как число дней в году с температурой $\geq 10^\circ C$. Наибольшие коэффициенты корреляции достигаются для показателей степени ароматичности, полученных различными методами

Представлен анализ зависимости состава и структурных особенностей ГК от ботанического состава и степени разложения для ГК торфов Ханты-Мансийского АО и Томской области. Было рассмотрено 3 группы торфов, отличающихся по основному торфообразующему растению (древесный, осоковый и фускум). Внутри каждой из групп торфа различались по степени разложения. Количественные различия средних значений элементного и фрагментного состава гуминовых кислот, полученных из разных групп торфа, не являются значимыми. На изменение состава большее влияние оказывает степень разложения исходного торфа. Кроме того, способ выделения ГК из исследуемых торфов предполагал обеззоливание с использованием HF, что могло существенно нивелировать различия между образцами ГК.

Для анализа различий ГК разного генезиса были выполнены сравнение параметров ГК почв различных климатических зон Сибири (от тундровых поверхностно-глеевых почв до южного алтайского чернозема); ГК торфов различного ботанического состава и степени разложения; ГК углей Бурятии.

С использованием стандартизированной процедуры проведен диагностический анализ ГК, осажденной из промышленного гумата неизвестного происхождения. Вид ИК спектра позволяет отнести данный образец к классу гуминовых кислот. По элементному и фрагментному составу он близок к ГК черноземов выщелоченного и обыкновенного, однако имеет в составе недостаточно азота и полисахаридных фрагментов, что может обуславливать его недостаточную биологическую активность как удобрения и стимулятора роста. Вид спектров ^{13}C ЯМР и термограмм позволяет с высокой вероятностью предположить, что данный образец получен из угля.

ДВУХСТАДИЙНЫЙ ПИРОЛИЗ ОБРАЗЦОВ ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ РАЗНОГО ВИДА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Фарходов Ю.Р., Григорьева И.О., Холодов В.А., Ярославцева Н.В.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва, yulian.farkhodov@yandex.ru

Органическое вещество почвы часто разделяют на лабильный и стабильный пулы по устойчивости. Существуют несколько подходов к изучению пулов почвенного органического вещества, которые основаны на физическом фракционировании, химическом фракционировании и на изучении микробиологических показателей. Также в этом направлении достаточно

перспективным является подход позволяющий разделять вещества по термической устойчивости. Одним из главных методов в рамках данного подхода является метод термодесорбции с последующим пиролизом, в тандеме с газовой хроматографией и масс-детекцией (двухстадийный пиролиз с ГХ МС) этот метод позволяет определить качественный состав термолабильного и термостабильного органического вещества почвы.

Цель работы: изучить состав термолабильного и термостабильного органического вещества типичных черноземов разного вида использования методом двухстадийного пиролиза с ГХ МС. Объектом исследования были типичные черноземы многолетних опытов разного вида использования: степь, бессенный чистый пар, залежь, бессенный картофель, бессенная кукуруза.

В результате для термолабильного вещества чернозема степи выявлено 53 соединения, для залежи - 4, для пара - 1, для бессенного картофеля - 3, для бессенной кукурузы - 2. Пиролиз образцов типичного чернозема показал гораздо большее количество веществ в термостабильном пуле. В варианте "степь" было идентифицировано 119 соединений, в почве залежи - 110, для пара 64, для бессенного картофеля - 99, для бессенной кукурузы - 92.

Анализ результатов методом главных компонент выявил различия и сходства в составе термолабильной и термостабильной фракции органического вещества в зависимости от вида использования почв.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-316-00101.

OBTAINING ORGANIC FERTILIZER FROM BROWN COAL

^{1,2}Zhilkiabayev O.T., ¹Shoinbekova S.A., ²Aueshov A.P., ²Arynov K.T., ³Ibrayeva M.A., ⁴Tukenova Z.A.

¹Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi avenue 71, Almaty, 050060

²LLP "Aspan-Tau Ltd", Seifullin street 29, Almaty, Kazakhstan, zhilkiabayevoral@mail.ru

³KazSRI of soil science and agrochemistry after U.U.Usanov

⁴Kazakhstan Engineering and Technological University, Almaty, Kazakhstan

Introduction. In recent years, in the World agricultural production there has been a significant increase in the share of food products produced without the use of mineral fertilizers, or with limited use. There is also some tendency to refuse to use food of animal origin, the receipt of which is associated with the use of antibiotics and bio-stimulants. Well-proven and already used alternative, relatively well-established technologies of agricultural production, are technologies with the use of humates.

One of the priorities of the development of Kazakhstan is the search for ways to increase the efficiency of agricultural production with a significant reduction in energy consumption. It means instead of traditional technologies, innovative methods of farming should be used. The most effective way to increase soil fertility and increase crop yields is the use of organic fertilizers. They allow you to raise the content of humus in the soil, to improve the soil structure. Therefore, the creation of new highly efficient and low-cost domestic universal organic plant growth regulators (PGR) with complex properties (regulating, anti-stress, immunostimulating, water holding, etc.) based on humic and fulvic acids has very big importance.

Methods and materials. The analysis of the physiological state of seeds and their preliminary recovery from pathogenic and saprophytic microflora by bioprotective plant growth stimulants was carried out in laboratory and vegetation experiments. The sowing qualities before and after each treatment in wet chambers are determined. Studies on germination energy and laboratory germination of seeds were carried out, phenological observations were also carried out to assess the effect of biofertilizers on growth processes. It has been established that the dose of PGR use - presowing seed treatment - 0.020–0.030% solution of organic fertilizer or 150–300 g per 1 ton, fertilizer consumption for processing (spraying) - 150 g per hectare. Compatible with most water soluble fertilizers and pesticides. As a result of the research the conditions for germination of seeds of a number of varieties of grain, vegetable and fodder crops in laboratory conditions with an organic plant growth regulator (PPP) were selected. Using biosensor - a chronofluorometer, recording the level of photosynthesis in the leaves of plants, the optimal doses of the applied fertilizers were selected.

Results and discussion. We have extracted a new domestic plant growth regulator from highly oxidized brown coal and lowland peat by extraction with alkaline reagents with the addition of a complex of amino acids, natural phytohormones of natural origin and micro and microelements. New organic fertilizers intended for all types of crops in any soil and climatic zones, promotes the cultivation of environmentally friendly agricultural products, has high efficiency, increases yield, 100% natural, completely dissolved in water. The conditions of germination of seeds of a number of varieties of cereals (wheat, barley), vegetables (potatoes, cabbage, cucumber, tomato, beet) and forage crops (alfalfa, Sudanese grass) are selected in the laboratory with organic PPR, separately and in the composition with different protectants and norms of their application. In-depth laboratory and demonstration field (small-scale) comparative tests for grain, vegetable, fodder and other crops have shown high efficiency in the application of the new domestic universal organic plant growth regulator. The substance was tested for germination, growth and development of seeds of Tien Shan spruce (*Piceaschrenkiana*), pine (*Pinaceae*) and Black Saxaul (*Halóxylonaphyllum*). Conducted laboratory and field tests have shown that a new organic plant growth regulator has ensured high germination of seeds, stimulates the growth and development of seedlings.

The studies were carried out with the support of the Committee of Education and Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan in the framework of targeted program financing (IRN - BR05236738)

Секция 2. Гуминовые вещества в условиях антропогенной эволюции биосферы

ИЗУЧЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ МЕТОДОМ ^{13}C -ЯМР СПЕКТРОСКОПИИ ПОЧВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГА

¹Балданов Н.Д., ²Корсунова Ц.Д.-Ц., ²Чимитдоржиева Г.Д.
¹ИЗКиМ БГСХА им. Филиппова; ²Институт общей и экспериментальной биологии СО
РАН, 670047, Улан-Удэ, ул.Сахьяновой,6.
E-mail:zinakor23@yandex.ru

Методом ^{13}C -ЯМР спектроскопии исследовано строение препаратов гуминовых кислот, выделенных из гумусового горизонта аллювиальных луговых и лугово-болотных почвах дельты р. Селенги. Спектры ядерно-магнитного резонанса ^{13}C -ЯМР были сняты на спектрофотометре DRX-500 в ИОХ СО РАН (Новосибирска).

Использование метода ^{13}C -ЯМР спектроскопии дает возможность охарактеризовать структурные особенности макромолекул ГК. Данные количественного анализа структурных фрагментов молекул гуминовых кислот выявили значительную долю атомов углерода ароматических компонентов, которые составили по нашим расчетам 66,9 % в ГК аллювиальной луговой и 64,8 % в лугово-болотном вариантах. Присутствие ароматических структур в спектрах ГК почв доказывают широкие и наиболее сильные сигналы в диапазоне 90-165 ppm с пиками 128,510 и 128,119 ppm для препаратов ГК аллювиальных луговых и лугово-болотных соответственно.

Наличие алифатических фрагментов в макромолекулах ГК подтверждается резонансными сигналами атомов углерода в диапазоне от 0 до 95 ppm. Эти сигналы менее интенсивны по сравнению с таковыми ароматических фрагментов. При этом в спектрах ЯМР в области 0-45 ppm отмечаются узкие и сильные сигналы алифатического углерода в виде углерода алкилов (-CH, CH₂ и CH₃ - группы), с максимумами 30,229 ppm и 30,051 ppm для препаратов ГК аллювиальных луговых и лугово-болотных почв соответственно.

В диапазоне 45-65 ppm спектра ГК лугово-болотных почв обнаружен довольно сильный сигнал с пиками 55,719 и 61,328 ppm, который можно отнести на счет C аминогрупп и O-CH₃ структур (метоксильная группа), количественное содержание которого составляет 8,4 %.

В целом диапазон алифатического углерода в ГК аллювиальных луговых и лугово-болотных почв характеризуется невысокой интенсивностью и отсутствием сильных сигналов по сравнению с углеродом ароматической части. Это свидетельствует о большом вкладе углерода ароматической части в построении макромолекулы гуминовых кислот исследуемых почв.

По содержанию углерода хиноидных структур и карбонильных групп альдегидов и кетонов в препаратах ГК существенных различий не обнаружено.

Для стандартизации количественных характеристик макромолекул ГК качестве формального показателя удобно использовать соотношение углерода ароматических структур к углероду алифатических цепей: $\Sigma \text{аром} / \Sigma \text{алиф}$ (Чуков, 2001).

В этом случае сигналы углерода ароматических структур мы фиксировали и суммировали в областях 95-160 ppm, а алифатических структур - в областях 0-95 ppm. Результаты показали, что это отношение выше в препарате ГК аллювиальных луговых почв и согласуются с результатами определения степени бензoidности, а также вычисления ароматичности, значение которой также в нем выше - 66,9 %.

Таким образом, в спектрах ЯМР ^{13}C гуминовых кислот исследуемых почв идентифицированы и количественно определены следующие функциональные группы и молекулярные фрагменты: ароматические, а также алифатические: карбоксильные, карбонильные, аминогруппы, метоксильные, полисахаридные.

В спектрах ГК исследуемых почв доминирует сигнал в области химического сдвига 95-160 ppm, т.е. сигнал ароматической структуры. Наряду с ним для спектров характерен сигнал алифатического углерода в виде менее сильных и узких пиков, а также сильные сигналы, относимые за счет углерода карбоксильных групп. Эти данные полностью совпадают с элементным составом, величинами отношений Н/С, а также данными в инфракрасных областях.

Таким образом, в аллювиальных луговых и лугово-болотных почвах одинаково развита ядерная часть молекулы ГК, свидетельствующая о большей конденсированности, зрелости их, отсюда гумус и почвы довольно устойчивы к нагрузкам.

ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКЦИОННО-ГРУППОВОГО СОСТАВА ГУМУСА В ПРОФИЛЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Безуглова О.С., Горбов С.Н., Скрипников П.Н.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, lola314@mail.ru

Введение. Посадка древесной растительности на черноземах, и изменение в силу этого биологического круговорота веществ, сказывается не только на количестве накопления гумуса в поверхностном горизонте (Горбов, Безуглова, 2014), но и на его составе. Причем оказалось, что видовой состав древесной растительности также имеет значение.

Объекты и методы. Исследования вели в Ботаническом саду Южного федерального университета, который занимает более 160 га в центре Ростова-на-Дону. Было заложено три разреза: на многолетней залежи под типичной степной растительностью, в посадке под широколиственными деревьями (дуб, клен, ясень и в сосновой роще. Посадки многолетние – не менее 50 лет, что позволяло предположить возможность влияния нетипичной для степной зоны растительности на свойства почвы, в том числе и фракционно-групповой состав гумуса. Почва – чернозем миграционно-сегрегационный мощный. Фракционно-групповой состав гумуса определяли по Тюрину в модификации Пономаревой-Плотниковой.

Результаты и обсуждение. В черноземе миграционно-сегрегационном мощном гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами в верхних горизонтах, в нижних, наоборот, фульвокислоты превалируют над гуминовыми кислотами. Содержание гуминовых кислот в пахотном слое примерно в 1,5 раза превышает содержание фульвокислот (Безуглова, 2001). В залежной почве в горизонте Ad наблюдается значительное увеличение доли фульвокислот, вплоть до перехода в гуматно-фульватный тип гумуса (Сгк:Сфк=0,9). Как показала К.В.Руденская (1968), дерновый горизонт черноземов в целинном состоянии характеризуется преобладанием фульвокислот над гуминовыми кислотами, следовательно, можно предположить, восстановление свойств гумусового профиля при переводе чернозема в залежный режим. Нижеотчетливо проявляется накопление гуминовых кислот (Сгк:Сфк=1,2), что обусловлено возрастанием содержания карбонатов на этой глубине, так называемым «карбонатным барьером».

Произрастание широколиственной древесной растительности, и изменение в силу этого биологического круговорота веществ, сказывается на составе гумуса. Фульвокислоты преобладают над гуминовыми кислотами в верхних горизонтах, в нижних, наоборот, гуминовые кислоты превалируют над фульвокислотами. Отношение Сгк:Сфк в исследуемом черноземе колеблется от 0,6 в Ad до 1,7 в гор.В1. Повышение интенсивности биологического превращения органических остатков – основная причина заметного участия фульвокислот в составе гумуса чернозема подшироколиственными деревьями.

Под влиянием хвойных насаждений химические и физические свойства почв претерпевают изменения в лучшую сторону: увеличивается мощность гумусового горизонта, а также снижается глубина вскипания по сравнению с пахотной почвой, гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами по всему почвенному профилю. В верхней части профиля формируется фульватно-гуматный тип гумуса, а начиная с 40 см, гумус становится гуматным. Отношение Сгк:Сфк в исследуемом черноземе колеблется от 1,6 до 2,3. Наибольшее значение коэффициента гумификации характерно для нижней части горизонта А, здесь отношение Сгк:Сфк составляет 2,3. Обращает

внимание высокая доля негидролизуемого остатка (гумина) в гор. Ad. Вероятно, это связано с особенностями состава хвойного опада, насыщенного лигнином и смолистыми веществами, которые характеризуются достаточно медленным разложением.

Графический корреляционный анализ результатов фракционно-группового состава гумуса и определения валового химического состава почвы показал, что картина распределения по профилю ГК-1 и ГК-3 довольно сильно похожа на кривую распределения суммы полуторных окислов. Линии распределения по профилю гуминовых кислот третьей фракции очень похожи на линии распределения по профилю и окислов железа, и окислов алюминия. Это свидетельствует, что действительно гуминовые кислоты третьей фракции, как и предполагал И.В. Тюрин (1937), находятся в связи с устойчивыми формами полуторных окислов.

Таким образом, в черноземах под древесной растительностью наблюдается по сравнению с фоновыми почвами значительные изменения биологического круговорота веществ, приводящие к формированию не характерного для степной зоны лесного типа накопления органического вещества, и изменению состава гумуса в дерновом горизонте.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-04-00592.

ГУМУСОВЫЕ ВЕЩЕСТВА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Василевич Р.С., Лодыгин Е.Д.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, vasilevich.r.s@ib.komisc.ru

Мерзлотные реликтовые бугристые болота Крайнего Севера представляют исключительный интерес в изучении процессов изменения климата. Имеющийся тренд на потепление климата в первую очередь касается высоких широт (Smith, Riseborough, 2002). Маркеры глобального изменения климата химического и биологического происхождения уже активно используются исследователями для реконструкции климата прошлого и современных условий окружающей среды в северных широтах (Schouten et al., 2007). В последние десятилетия появились работы, показывающие, что гумусовый профиль фиксирует не только климатические условия периода его формирования, но даже кратковременные изменения природной среды, кодируя в своем составе стадии и фазы развития почв, которые можно диагностировать и при отсутствии явно выраженных морфологических реликтовых признаков (Hedges, 1988; Каласс, Дергачева, 2007).

Цель работы: исследование состава гумусовых веществ (ГВ) бугристых болот криолитозоны и выявление дескрипторов состава, маркирующих климатические параметры голоцена.

Исследования проведены в пределах бугристо-мочажинного комплекса на сухоторфяных мерзлотных почвах бугров (Cryic Histosols) и почвах оголенных торфяных пятен (Cryic Turbic Histosols) в северной лесотундре (бассейн р. Сейда) и крайнесеверной тайге (бассейн р. Бол. Инта) РК. Послойный отбор проб проведен до глубины 2.0 м. По исследованным характеристикам почвы оголенных торфяных пятен однотипны сухоторфянным мерзлотным почвам бугров и отличаются только по температурным режимам сезонно талого слоя (СТС), что может служить модельной основой прогноза изменения структурно-функциональных параметров ГВ при изменении современных климатических условий.

На основании анализа структурно-функциональных параметров гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) исследованных торфяных почв для двух климатических зон Европейского Северо-Востока России установлены единые закономерности трансформации молекулярного состава ГВ. Показано четкое разделение торфяных слоев исследуемых торфяников, диагностируемое как по ботаническому составу, физико-химическим характеристикам на верхнюю часть, совпадающую с СТС, в которой происходят современные процессы почвообразования и слои многолетнемерзлых пород (ММП), находящиеся в законсервированном состоянии длительное время. Эти слои четко маркируются по составу молекулярных фрагментов и групп ГВ. Установлено, что изменение показателей молекулярного состава (дескрипторов состава) ГК: мольного соотношения $x(H) : x(C)$, доли алифатических и ароматических фрагментов по данным ^{13}C -ЯМР спектроскопии для ГК по профилю торфяников обусловлено активизацией криогенных процессов в верхней части сезонно-талого слоя,

процессами естественного отбора конденсированных структур молекул ГВ, ботаническим составом и степенью разложения торфа, отражают климатические особенности территории в голоцене. Профильное распределение $x(H) : x(C)$ и соотношение доли ароматических к алифатическим фрагментам ГК указывает на более высокую степень гумификации органического материала нижних горизонтов, связанную с более благоприятными климатическими параметрами атлантического и суббореального периодов голоцена. Сезонно-талый слой мерзлотных торфяников, представляет современный этап преобразования органического вещества, которое под влиянием биохимических процессов подвержено изменению, наиболее активно проявляющемуся для разреза почв без растительного покрова. Именно с этим связана меньшая конденсированность молекул ГВ торфяных горизонтов до верхней границы ММП. Данные ^{13}C -ЯМР свидетельствуют о доминировании в составе ГК СТС фрагментов алифатической природы, над биотермодинамически устойчивыми ароматическими фрагментами. На границе СТС происходит перераспределение состава ароматических и парафиновых фрагментов молекул, обусловленное как криогенными процессами, ботаническим составом переходных слоев, так и изменением окислительно-восстановительного режима переходных слоев. Структурно-функциональные параметры ГК крайнесеверной тайги показывают более высокий уровень гумификации органического материала в СТС по сравнению с торфяниками лесотундры, что обусловлено более высокими показателями суммы положительных температур в период календарного лета. Климатические параметры в большей степени оказывают влияние на состав гидрофобных компонентов молекул ГВ, проявляющиеся в увеличении соотношения AR/AL в почвах крайнесеверной тайги по сравнению с лесотундрой.

Благодарность. Работа выполнена в рамках госбюджетной темы Института биологии (№ Гр. АААА-А17-117122290011-5) и гранта РФФИ № 18-05-60195 (№ Гр. АААА-А18-118062090029-0).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА СВЕТОВЫЕ РЕАКЦИИ ФОТОСИНТЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА

Габбасова Д.Т., Маторин Д.Н.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
dilara.gt@yandex.ru

Известно, что гуминовые вещества могут положительно влиять на рост и развитие высших растений и микроводорослей, однако исследований по воздействию гуминовых веществ на флуоресценцию хлорофилла еще не проводились. В наших экспериментах с использованием параметров флуоресценции хлорофилла впервые была проведена оценка влияния гуминовых веществ на световые реакции фотосинтеза микроводорослей и высших растений.

Установлено, что гуминовые вещества обладают стимулирующим воздействием на световые реакции фотосинтеза микроводоросли *Scenedesmus quadricauda*. Гуминовые вещества ускоряли электронный транспорт (F_{E0}), стимулировали максимальную фотохимическую эффективность ФС II (F_v/F_m), эффективность кислородвыделяющего комплекса (F_v/F_0) и индекс производительности (PI_{ABS}). Установлено влияние гуминовых веществ на фотосинтетические мембраны клеток. Гуминовые кислоты обладают более выраженным стимулирующим воздействием по сравнению с фульвокислотами, что, по-видимому, связано с относительной обогащенностью структуры гуминовых кислот ароматическими фрагментами и, как следствие, большим сродством к мембранам клеток.

В опытах с такими токсикантами как ионы хрома, наносеребром и наноалмазами установлен детоксифицирующий эффект гуминовых кислот.

Определены параметры флуоресценции, которые могут быть рекомендованы для оценки устойчивости фототрофных организмов к действию современных токсикантов и препаратов гуминовых веществ, при разработке экологически обоснованных норм воздействия деятельности человека на окружающую среду.

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ

Гиниятуллин К.Г., Смирнова Е.В., Рязанов С.С., Латыпова Л.И.
Казанский федеральный университет, Казань, kginijat@kpfu.ru

Бывшие пахотные почвы уже после 5 лет залежного развития характеризуются отрицательными величинами баланса углекислого газа и считаются устойчивым стоком углерода атмосферы. Если общее накопление углерода в залежных почвах и залежных фитоценозах принимается большинством авторов, то отношение к изменению запасов собственно почвенного органического вещества (ПОВ) не столь однозначно. Существующее разнообразие мнений о направленности изменения гумусного состояния старопахотных почв наряду с объективными причинами может быть связано с разнообразием методических подходов к оценке изменения запасов ПОВ под влиянием залежной растительности, на результаты, которой будут влиять вертикальная и горизонтальная вариабельность содержания гумуса и плотности сложения старопахотного горизонта, которые, как правило, не учитываются при традиционных исследованиях. Цель работы - оценка запасов гумуса в старопахотном горизонте светло-серой лесной залежной почвы с учетом его горизонтальной и вертикальной пространственной неоднородности на основе применения геостатистических методов.

Изучали участок залежи (10,2 га) возрастом 15 лет, на котором были размечены по методике предложенной в работе (Walvoort с соавт., 2010) страты (50 шт.), имеющие форму случайно формируемых многоугольников примерно одинаковой площади. Внутри каждой страты рандомизованно размещалась точка пробоотбора. При применении подобного подхода удается достаточно равномерно разместить на исследуемой территории точки пробоотбора, при случайном формировании расстояний между ними, что позволяет избежать искусственного наггета и создать адекватную модель регионализации. Точка на местности определялась с помощью GPS-навигации с точностью до 1 м. Образцы из старопахотного горизонта отбирались послойно (0-5 см, 5-10 см, 10-15 см, а также с 15 см на всю оставшуюся глубину старопахотного горизонта (b)). В образцах определялось содержание гумуса по Тюрину. При проведении пробоотбора в 14 точках, также послойно определялась плотность сложения.

Для моделирования пространственных закономерностей накопления гумуса в старопахотных горизонтах под влиянием залежной растительности строились 3 интерполированные карты. Первая – содержания гумуса в слоях 0-5, 5-10, 10-15 и 15-b см, по данным изучения послойных образцов, отобранных из 50 точек пробоотбора. Вторая картограмма отражала пространственную изменчивость глубины старопахотного горизонта. Третья – плотности сложения почвенного материала в слоях 0-5, 5-10, 10-15 и 15-b см, измеренная в объемных образцах отобранных в 14 точках. Для получения картограмм использовали различные подходы к интерполяции: для содержания гумуса и мощности старопахотного горизонта использовали блочный кригинг, для плотности сложения (из-за недостаточного количества пространственных данных) использовали метод IDW. Все карты создавались с одинаковым фиксированным количеством интерполируемых точек. Затем для каждой интерполированной точки рассчитывалось значение показателя запаса гумуса в различных слоях старопахотного горизонта. В итоге, были получены: карта запасов гумуса в целом в старопахотном горизонте, а также по разности в содержании гумуса в послойных образцах карта запасов накопленного под залежами гумуса в верхнем слое 0-15 см. Подход, предложенный в работе, позволяет получить реалистичные данные по запасу гумуса в старопахотных горизонтах с учетом вертикальной и горизонтальной дифференциации его содержания, неоднородности плотности сложения почвенного материала, а также, пространственного варьирования мощности старопахотного горизонта.

Оценка запасов гумуса по слоям показывает, что от слоя 0-5 см к слою 10-15 см идет закономерное снижение запасов гумуса от 13,03 до 7,86 т/га, что можно объяснить преимущественным его накоплением в самой верхней толще старопахотного горизонта. Было также показано, что среднее содержание накопленных запасов гумуса в слое 0-15 см составило 9,9 т/га, что составляет больше 30% к общему запасу гумуса в старопахотном горизонте. Вместе с тем накопленные запасы гумуса на

исследованном участке, характеризуются очень высокой вариабельностью, а размах варьирования на отдельных участках составил 7,9 т/га.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ – проект № 17-04-00846.

ГУМИНОВЫЕ КИСЛОТЫ КАК ПРИРОДНЫЙ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИЙ СОРБЕНТ С МЕТАЛЛАМИ

Данилова В.Н. Хушвахтова С.Д. Ермаков В.В.
Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва
(val1910@mail.ru)

Изучены свойства беззольных препаратов гуминовых кислот, выделенных из торфа Тверской области, морских осадков, отобранных на Перуанском шельфе, и сапропелей Ботовского залива оз. Селигер, и механизм их взаимодействия с ионами Hg(II), Pb(II), Cr(III).

Будучи более высокомолекулярными и слабо растворимыми, гуминовые кислоты в природных объектах ведут себя как сложные сорбенты, способствующие концентрированию металлов (МЕ) в почвах, водных суспензиях и донных отложениях. С использованием модельной системы МЕ-ГК изучались характеристики беззольных препаратов ГК, извлеченных из торфа, морских осадков и сапропелей по известной методике, включающей: экстракцию ГК 0,1 М раствором NaOH, подкисление раствора до pH 1-1,5, отделение ГК центрифугированием и последующую деминерализацию ГК 2-5% раствором фтористоводородной кислоты. Зольность препарата после подобной обработки составляла 0,22-0,25% для ГК из торфа и сапропеля и 0,84% для ГК из морских осадков. Элементный анализ воздушно-сухих препаратов ГК выполнен с помощью CHNSO-анализатора фирмы «Carlo-Erba» (Италия). ИК-спектры поглощения ГК регистрировали в диапазоне частот от 500 до 3700 см⁻¹ на FTIR-спектрометре PU-9800. В структуре ГК показано присутствие карбоксильных групп и фенольных оксигрупп, что обуславливает возможность образования комплексных соединений с металлами.

Изучена сорбция ртути (II) на беззольных препаратах гуминовых кислот, выделенных из торфа, морских осадков и сапропеля озера Селигер. Показано, что ГК обладают весьма высокой сорбционной емкостью по отношению к ионам ртути (II), достигающей: 340-360 мг/г для ГК, выделенных из торфа и сапропеля, и 180 мг/г для ГК, выделенных из морских осадков. Взаимодействие металлов (Hg, Pb, Cr) с ГК, выделенных из торфа, исследовали путем определения их сорбционной емкости. Установлено, что ГК обладают высокой сорбционной емкостью по отношению к ионам исследуемых элементов: 1 г ГК сорбирует 158 мг Pb(II) и 82 мг Cr(III) при pH=5,0 и 340 мг Hg(II) при pH=3,0.

Из изотерм сорбции нелинейным методом наименьших квадратов рассчитаны значения условных констант сродства функциональных групп ГК по отношению к ионам металлов, характеризующих прочность химической связи и механизм взаимодействия ионов металлов с ГК. Логарифмы условных констант сродства: для Hg(II) lgβ=4,95, для Pb(II) lgβ=4,25 и для Cr(III) lgβ=3,78. Высокая емкость ГК по отношению к ионам тяжелых металлов и определенная прочность образующихся соединений обуславливают роль ГК как геохимического барьера, ответственного за концентрирование загрязняющих элементов в почвах, взвесах вод, речных и морских осадках.

Вывод о преобладающем вкладе процессов комплексообразования в механизм сорбции изучаемых металлов на ГК подтверждается результатами химического фазового анализа на примере гумата ртути, полученного в модельных экспериментах по сорбции способом последовательного элюирования. Установлено, что на первой стадии химического фазового анализа при обработке 0,1 М раствором HNO₃ из осадка гумата ртути извлекается лишь 34-38 % ртути, что отражает вклад сорбции слабо связывающими сорбционными центрами. Только при обработке остатка гумата ртути 0,1 MNaOH в раствор поступает до 61-65 % от валового содержания ртути. В этих условиях осадок полностью растворяется, и в раствор поступает ртуть, сорбированная кислородсодержащими функциональными группами ГК, проявляющими большое сродство к ртути, т.е. реализуется сорбция по механизму комплексообразования.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В УЧЕНИИ О ГУМУСЕ ПОЧВ

Дергачева М.И.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, mid555@yandex.com

Систематизация знаний, а также экспериментальных и аналитических материалов о гумусе почв, накопленных за длительную, почти 250-летнюю историю исследований этого почвенного компонента и относящихся к разным аспектам его изучения, привели к выводу о сложной структуре Учения о гумусе почв и необходимости выделения двух разделов, каждый из которых имеет свой предмет, задачи, методические подходы, специфику принципов интерпретации материалов и пути развития: химическое и экологическое. В рамках первого – химического – решаются вопросы *механизмов* формирования и *обусловленности* состава, структурных особенностей и свойств гумусовых веществ *химическими процессами*, приводящими к их образованию. В рамках второго – экологического – изучаются *природные (экологические) причины*, которые *обуславливают* появление и направленность механизмов, приводящих к формированию компонентов гумусовых веществ с вполне определенным составом, структурными особенностями и свойствами, а также их роль в природных процессах, то есть выполнение гумусовыми веществами функций в биосфере.

История свидетельствует, что первые упоминания в научной литературе о гумусе (который в то время называли перегной) можно отнести к 1761 году, когда шведский ученый Юхан Готтшалк Валериус в своем руководстве по агрономической химии отметил важную роль гумуса в питании растений, по сути, впервые обратив внимание на одну из самых важных его функций. Становление экологического направления в Учении о гумусе почв связана с именами таких выдающихся ученых, как И.И. Комов, А. Thaer, С. Sprengel, J. Boussingault, П.А. Костычев, Th. Schloesing, E. Woliny, P. Deherain, F. Noppe-Seyley, Н.М. Сибирцев, П. Бараков, П. Слезкин, М. Налетов, В.Р. Вильямс, С. Ваксман, И.В. Тюрин, М.М. Кононова, В.В. Пономарева, Л.Н. Александрова, Д.С. Орлов и др. Однако, практически весь XIX в и большую часть XX в. экологическое направление характеризовалось накоплением эмпирических материалов о роли гумусовых веществ в природных почвообразовательных процессах, а также в плодородии почв. В то же время к середине прошлого столетия и в последующие годы вопросы, связанные с природной обусловленностью специфичности состава, структуры и свойств гумусовых веществ, формирующихся в разных экологических условиях, а также их функциями получили свое обобщение. Были обобщенно показана обусловленность специфичности состава, природы и свойств гумусовых веществ, формирующихся в разных экологических условиях, а к 80*90-м годам XX столетия были сформированы представления об участии гумусовых веществ в основных природных процессах.

Первым, кто предложил классифицировать участие гумусовых веществ в природных процессах, определив основные функции, которые они выполняют, был Д.С. Орлов, который в 1993 году впервые провел систематизацию имеющихся материалов и дал краткую их характеристику, Среди основных Д.С. Орлов выделил аккумулятивную, транспортную, регуляторную, протекторную и физиологическую функции.

Как и все разработки и идеи Д.С. Орлова, эта классификация функций и их значимости в природных процессах была подхвачена широким кругом исследователей, которые стали активно изучать разные функции гумусовых веществ в почвах, экосистемах и биосфере. Практически время, прошедшее после первого опубликования этой классификации и до настоящего времени можно отнести к периоду накопления эмпирических материалов и их фактологического осмысления. К сожалению, проблема влияния природных условий на особенности выполняемых гумусовыми веществами функций изучена пока недостаточно, выводы, представляемые при изучении частных вопросов этой проблемы часто противоречивы, так что сформулировать обобщающие положения, выявить общие закономерности этого влияния пока не представляется возможным

Дмитрий Сергеевич Орлов был неординарным ученым, генерирующим и развивающим новые идеи, которые побуждали исследователей разных специальностей к творческому поиску и развитию разных аспектов Учения о гумусе почв, в том числе и экологического направления в последнем. Он предложил много концептуальных положений, ряд из которых на длительное время заняли место

парадигм, т.е. положений, господствующих в современное время в Учении о гумусе почв. Но его талант проявился не только в этом, а и в том, что он: рассматривал любую высказанную им идею в развитии и не боялся кардинально менять свои взгляды на те или иные воззрения. И я думаю, что любые, установленные Д.С. Орловым положения, не должны превращаться в догмы, а развиваться пытливыми молодыми исследователями, испытывая благодарность к Дмитрию Сергеевичу, который оставил такое обширное научное наследие.

ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВАХ, И ИХ БИОСФЕРНЫЕ ФУНКЦИИ

Дину М.И.

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН

119991 Москва, ГСП-1, ул. Косыгина, 19

e-mail: marinadinu999@gmail.com

Оценка роли гумусовых веществ (ГВ) в Биосфере претерпела значительные изменения, которые отразились и на понимании выполняемых ими основных биосферных задач.

Меморатная функция – это наименее известная из всех сформулированных функций, характеризующая способность вещества помнить о своем происхождении, способность хранения информации о природной среде своего формирования (Дергачева, 1989; Орлов и др., 2002). «Поскольку совокупность гумусовых веществ представляет собой систему, то одной из её особенностей является способность отражать изменения, происходящие во внешней ... среде, в своих внутренних состояниях, что сказывается на составе и структурных особенностях гумусовых веществ и «записывается» в них в виде каких-либо признаков: количественных соотношениях элементов, структурных перестройках, появлении новых свойств и т.п.» как писала Дергачева в своей работе (1984, стр. 115). Говоря о меморатной функции в рамках антропогенного усложнения структуры гумусовых веществ за счет внедрения в матрицы техногенной органики можно в качестве примера рассмотреть работы Н.Ю. Гречищевой, И.В. Перминовой и др. (2015) о связывании растворенных нефтяных углеводородов с природным органическим веществом в нетоксичные образцы. Выявлено, что ведущим фактором, определяющим эффективность указанных процессов, являются гуминовые вещества - активная матрица органического вещества почв, торфов и природных вод. Высокая реакционная способность гуминовых веществ по отношению к нефтяным углеводородам обеспечивается наличием гидрофобного ароматического каркаса в их структуре.

Протекторная функция гумусовых веществ более всего эволюционировала со времен работы Д.С. Орлова (1974), в которой он ее озвучил, и заключается в способности органических веществ гумусовой природы связывать токсичные и радиоактивные элементы, а также органические соединения (например, пестициды, углеводороды, фенолы) в малоподвижные или нелabile соединения.

Защитная функция гуминовых веществ настолько велика, что богатые ими почвы могут полностью предотвратить поступление в грунтовые воды ионов металлов и других токсичных веществ (Ephraïetal., 1971; Орлов и др., 2002). Применяя РСА метод анализа (статистика многомерного шкалирования) выявлено, что для гумусовых веществ почв зоны северной тайги характерно сродство элементов к карбоксильным, карбонильным кетоновым (в основном ионы щелочноземельных металлов), азотсодержащим (ионы переходных металлов, ионы стронция) и карбонильным альдегидным (ионы железа, алюминия, хрома, кадмия) группам.

Физиологическая функция. Это наиболее молодая и только развивающаяся функция гумусовых веществ, рассмотрением которой хотелось бы закончить вопрос об их биосферных функциях. Для применения физиологического потенциала органических веществ гумусовой природы, были учтены все их разнообразные свойства: от кислотно-основных до электрофильных/нуклеофильных возможностей. В настоящее время опубликованы уникальные данные о медицинском (лечебном) воздействии органических веществ гумусовой природы на организм человека. Многими исследователями было установлено, что различные гумусовые вещества, особенно гуминовые

кислоты, гуматы, фульваты способны ингибировать рост злокачественных опухолей, способствовать устойчивости организмов к воспалительным процессам (Пурыгин и др., 2008; Потапова и др., 2012).

Выводы.

Развитие понимания изменения биогеохимических функций гумусовых веществ позволяет практически использовать эти соединения как естественные барьеры окружающей среды. Одной из таких особенностей является предпочтительная зональная комплексообразующая способность органических веществ гумусовой природы по отношению к конкретным ионам металлов. Необходимы новые подходы для описания этих взаимодействий, а также для создания новой компьютерной модели современных модифицированных гумусовых веществ. В этом очень помогут научные исследования по лабораторному синтезу (прививанию функциональных групп) структур органических веществ гумусовой природы. Список прикладных свойств гумусовых веществ постоянно расширяется, что напрямую связано с развитием технологий их изучения. Можно сказать, что в настоящий момент их роль в глобальном изменении Биосферы только начинает формироваться.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭФИРОВ ФТАЛЕВОЙ КИСЛОТЫ С ВОДОРАСТВОРИМЫМИ ГУМИНОВЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Завгородняя Ю.А., Пименов О.С.

МГУ имени М.В.Ломоносова, г.Москва, zyu99@mail.ru

Эфиры фталевой кислоты (фталаты) широко используются при производстве полимерных изделий в качестве пластификаторов. Химически они не связаны с материалом вмещающего полимера, поэтому быстро попадают в атмосферу, в гидросферу, в донные отложения и в почву. В настоящее время фталаты отнесены к приоритетным загрязняющим веществам, рекомендованным для гигиенического и экологического мониторинга. Основные процессы, влияющие на время жизни фталатов в водных системах, - это биodeградация, гидролиз и фотолиз. Повлиять на интенсивность протекания этих процессов, как и на миграцию поллютантов, может сорбция фталатов на минеральных и органоминеральных взвесах и коллоидах, присутствующих в почвенном и речном стоке, а также связывание с водорастворимым органическим веществом, на 80-90% представленным гуминовыми веществами (ГВ).

В условиях модельных экспериментов было исследовано связывание трех эфиров фталевой кислоты, различающихся длиной алкильных радикалов, водорастворимыми гуминовыми веществами и влияние ГВ на скорость фотолиза фталатов в водном растворе.

Было получено, что начальные участки изотерм связывания в воде фталатов ГВ могут быть удовлетворительно описаны уравнением молекулярной адсорбции Лэнгмюра. При более высоких концентрациях фталатов возможно протекание взаимодействия по распределительному механизму или по механизму взаимодействия «сорбат-сорбат». В диапазоне равновесных концентраций до 300мкг/л константы связывания фталатов водорастворимой ГВ равны 2, 9 и 16л/мкМ для диэтилфталата (ДЭФ), дибутилфталата (ДБФ) и диоктилфталата (ДОФ), соответственно. Наблюдается положительная корреляция ($r=0,98$) между повышением констант связывания и октанольно-водным коэффициентом (K_{ow}) изученных фталатов.

Количество фталатов, подвергшихся за 112 часов в водном растворе фотodeградации под действием модельного источника солнечного света, составило 50, 43 и 38% для ДЭФ, ДБФ и ДОФ, соответственно. Присутствие ГВ достоверно снижало скорость фотолиза фталатов в водных растворах. Количество фталатов, подвергшихся фотodeградации в присутствии ГВ, было на 30-75% меньше, чем в растворах без ГВ. Снижение скорости фотodeградации положительно коррелировало с величиной связывания фталатов ГВ. При рН 7 заметнее всего в присутствии ГВ снижался фотолиз ДОФ, при рН 4 - ДЭФ, степень связывания которого повышалась при рН 4 по сравнению с рН 7.

Согласно существующим представлениям, можно выделить несколько предполагаемых мест связывания фталатов молекулой ГВ с образованием Ван-дер-Ваальсовых связей. Местами образования таких связей в молекуле гуминовой кислоты являются гидрофобные карманы и полости. При этом

полости образуются из карманов при понижении рН и скручивании молекулы. Размеры полостей позволяют проникать в них только небольшим молекулам ДЭФ, проникновение ДБФ и ДОФ связано со стерическими затруднениями. При повышении рН, напротив, увеличивается количество гидрофобных карманов, в которых более гидрофобные молекулы фталатов удерживаются сильнее, и степень связывания исследованных фталевых эфиров увеличивается с повышением K_{ow} .

Можно предположить, что молекулы эфиров фталевой кислоты в растворе связываются в комплексы с молекулами ГВ, вследствие чего становятся недоступными для фотолитических реакций в среде. Связанная в комплекс форма фталата, по-видимому, воздействию света при этом не подвергается. Это подтверждается положительной корреляцией снижения скорости фотолитического разложения с величиной связывания фталатов. Другое предположение о механизме влияния ГВ на скорость фотолитического разложения основано на том, что ГВ способны поглощать часть излучения от источника во всем УФ- и видимом диапазоне спектра, снижая энергию излучения, поступающего на молекулы свободной формы фталата и замедляя таким образом процесс активизации фотолитического разложения в водной среде.

По результатам исследований можно сделать заключение, что при измеряемых концентрациях фталатов в поверхностных водах (10-100 мкг/л) и содержании в воде органического углерода 10-20 мг/л в 5-10 раз большее количество фталатов может находиться в форме, связанной с ГВ. Присутствие ГВ может снижать скорость фотодегградации фталатов в воде за счет связывания их в адсорбционные комплексы и за счет поглощения части излучения молекулами ГВ. Эффективность поглощения света молекулами ГВ и прочность образующихся комплексов ГВ с фталатами увеличивается при повышении рН среды, что может приводить к повышению устойчивости и миграционной способности фталатов в водных системах.

РОЛЬ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ФОРМИРОВАНИИ ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ И ЭНДОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Зубкова Т.А., Суханова Н.И., Кирюшин А.В.

МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, Москва, duisy.taz@mail.ru

В настоящее время оценка влияния антропогенного и природного фактора на компоненты биосферы актуальна, поскольку система регулирования биосферными явлениями основывается на вычлениении антропогенного влияния от естественных природных факторов, включая и эндогенные. Почва изменяется в большей степени в результате антропогенного воздействия, чем от влияния естественных факторов почвообразования. В первую очередь химические свойства почвы и микроорганизмы реагируют на эти изменения. Агрегаты используются редко в качестве индикаторов, хотя они, как компоненты высокого уровня организации почвенной массы, содержат информацию, как о ее химических свойствах, так и физических. Доказано, что морфологические, физические и химические свойства агрегатов сопряжены с почвообразовательными процессами, и они играют роль диагностического показателя типа почв и горизонтов. Цель представленной работы - оценить прочность агрегатов в почвах сельскохозяйственного использования и на территориях с повышенной эмиссией эндогенного водорода, а также степень связи с органическим веществом почвы.

Регулярная вспашка почвы рассматривается, как антропогенный фактор. Исследования почв на многолетних залежах (10-75 лет) и формирование дернового горизонта позволили оценить процессы восстановления агрегатной структуры после прекращения активного землепользования и связать их свойства с накоплением органического вещества в залежах. Эндогенный фактор – это локальная эмиссия молекулярного водорода, которая наблюдается в западинах Воронежской и Липецкой областях.

Объекты исследования: пахотные и залежные черноземы выщелоченные Нижегородской области и дерново-карбонатные Пермского края (залежи 10, 16, 25 лет); черноземы обыкновенные карбонатные пахотные и залежи 10, 20, 76 лет Ростовской области; черноземы обыкновенные Воронежской области (повышенный поток H_2) и Ростовской (H_2 потоки на уровне фоновых). Поток молекулярного водорода измеряли переносным газоанализатором водорода ВГ-3В. Общее содержание органического углерода, а также фракционный состав определяли по Тюрину. Прочность агрегатов

фракции 2-3 мм и 3-5 мм - методом прямого механического раздавливания (модифицированная модель МП-2С) в 35-кратной повторности и выражали в ньютонах. Статистическую обработку результатов проводили в программе "Statistica-6.0".

Для всех исследованных почв обнаружена пропорциональная связь механической прочности агрегатов с содержанием гумуса: для агрегатов из черноземов обыкновенных такая связь прослеживается в интервале 0,88-2,65% Сорг, для агрегатов из черноземов выщелоченных и дерново-карбонатных почв - в интервале 0,1-1,6% Сорг. При более высоком содержании гумуса аналогичной связи не обнаружено. Причем, органические связующие играют существенную роль в упрочнении крупных агрегатов 3-5 мм, а в агрегатах размером 2-3 мм связь менее выражена или отсутствует. Увеличение нерастворимого остатка от 28% до 44% приводит к снижению механической прочности агрегатов. Снижение прочности агрегатов 3-5 мм происходит также с увеличением лабильного органического вещества в интервале 0,5 - 2,3%, и с увеличением показателя ГК/ФК (интервал 0,7-1,7). В большинстве случаев именно крупные агрегаты (3-5 мм) реагировали на изменения состояния органического вещества, гораздо в меньшей степени это относится к агрегатной фракции размером 2-3 мм. Крупные агрегаты оказались чувствительными к процессам формирования дернового горизонта из пахотного: наблюдалось разупрочнение агрегатов в первые 10-20 лет и дальнейшие их упрочнение в 70-летних залежах.

В черноземах обыкновенных в условиях повышенного потока эндогенного водорода установлена обратная связь механической прочности агрегатов с общим содержанием органического вещества, причем связь очень тесная ($R^2=0,80-0,98$). В черноземах обыкновенных при отсутствии потоков водорода прочность агрегатов возрастала пропорционально содержанию органического вещества, так же, как и в залежах. Обращает внимание следующее: в условиях потока водородных флюидов в западинах содержание гумуса увеличивается. Тем не менее, прочность агрегатов падала, хотя, как известно, гумус один из структурообразующих компонентов почвы. И логичнее было бы ожидать упрочнения агрегатов. Возможно, в условиях водородных флюидов происходят качественные изменения гумуса, что и приводит к разупрочнению агрегатов. Таким образом, корреляционные связи механической прочности агрегатов с содержанием органического вещества могут быть индикаторами эндогенных и антропогенных «нагрузок» на почву.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПОДСТИЛОК ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Караванова Е.И., Одинцов П.Е.

Факультет почвоведения Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова,
Москва. e-mail: karavanovaei@mail.ru

По прогнозам Межправительственной группы экспертов по изменению климата IPCC (2014) повышение средней глобальной приземной температуры воздуха к концу XXI столетия по сравнению с аналогичным периодом XX века может достичь 7,8°C. Такое потепление способно изменить ход гумусообразования, трансформации и миграции органических веществ (ОВ), их качественный состав. Вопрос об устойчивости запасов ОВ почв актуален, и ускорение разложения водорастворимых органических веществ (ВОВ) может явиться спусковым механизмом процесса минерализации гумуса.

Целью исследования являлось изучение влияния температуры на продукцию, биохимическую устойчивость и свойства ВОВ, образующихся в подстилках лесных подзолистых почв. В качестве модельных объектов использовались вещества, экстрагированные водой из подстилок подзолистых текстурно-дифференцированных почв Центрально-Лесного Государственного заповедника (Тверская обл.). Вытяжки, содержащие ВОВ, в течение 1,5-2 месяцев инкубировали при 11 и 25 °C, измеряя параметры динамики минерализации, по окончании процесса оценивали изменения состава и свойств ВОВ. Во втором опыте изучали влияние гидротермических условий разложения растительных остатков и формирования ВОВ на их свойства и биохимическую устойчивость. Для этого в течение 3 мес. при температурах 11 и 25°C и влажности, равной ППВ, инкубировали подстилки. По окончании инкубирования из подстилок экстрагировали ВОВ и исследовали их минерализацию в растворе, как и

в первом опыте, измеряя аналогичные показатели. Минерализацию ВОВ изучали с помощью манометрической системы OxiTopControl OC-100. Содержание углерода и растворимых фенольных соединений (РФС) определяли спектрофотометрически; измеряли величины удельной экстинкции E-260, обусловленные присутствием ароматических соединений, и показатели флуоресценции (индексы гумификации НІХ), отражающие степень конденсированности растворенного органического вещества. Молекулярно-массовое распределение изучали методом гель-хроматографии.

ВОВ природных подстилок состоит из лабильной и стабильной (до 76%) фракций с разными скоростями разложения. Среднее время пребывания (в растворе) лабильной части ВОВ измеряется десятками дней, стабильной - до двух лет. Рост температуры с 11 до 25⁰С увеличивает вдвое скорость разложения лабильной фракции, не влияя на долю минерализуемого углерода, которая остается постоянной. В результате минерализации части веществ свойства остающихся ВОВ меняются: относительно накапливаются РФС, увеличиваются коэффициенты экстинкции, индексы НІХ, происходит разрушение высокомолекулярных и относительное накопление низкомолекулярных веществ. Температура минерализации влияет на содержание РФС: при 25⁰С происходит разрушение некоторой, лабильной, части. Изменение условий образования - предварительное инкубирование подстилок - изменяет свойства ВОВ: на фоне снижения (в 2-3 раза) общего количества, увеличивается их устойчивость к последующей минерализации: доля стабильной фракции возрастает до 90%, константа скорости разложения снижается в 2 раза по сравнению с аналогичными веществами из нативной подстилки, доля минерализуемого углерода снижается в 1,4-2,4 раза. У веществ, образованных при 25⁰ (по сравнению с ВОВ из нативной подстилки) в 2 раза выше индекс НІХ, что говорит об увеличении конденсированности строения. Вещества из инкубированных подстилок более устойчивы к дальнейшей минерализации в растворе, так как состоят преимущественно из более стабильных компонентов. Однако процесс минерализации таких (стабильных) ВОВ становится зависимым от температуры. Температура влияет на степень (долю минерализованного углерода) и скорость минерализации: при росте температуры с 11 до 25⁰ они возрастают в 1,7-3 раза, соответственно. Таким образом, для ВОВ из нативных подстилок повышение температуры ускоряет минерализацию только лабильной фракции, что в целом влияет незначительно, так как большая часть его представлена фракцией, устойчивой как при 11, так и при 25⁰. Инкубирование подстилок, наряду с увеличением устойчивости образуемого ВОВ к минерализации, приводит к появлению чувствительности этого процесса к температуре. Несмотря на более выраженные признаки гумифицированности таких ВОВ, в более теплой обстановке, при 25⁰С, устойчивость их к разложению меньше, чем при 11⁰. Это соответствует кинетической теории, в соответствии с которой чувствительность реакции к температуре повышается с увеличением энергии активации. Таким образом можно предполагать, что при потеплении деградация будет угрожать устойчивой фракции углерода ВОВ.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ

Куликова О.А.¹, Мазлова Е.А.¹, Агаджанян М.В.¹, Кудрова Е.П.¹

¹ РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, kulikovaoa@bk.ru

Загрязнение почв нефтяными углеводородами (НУВ) происходит на всех этапах добычи и переработки нефти, а также при использовании их продуктов. В целях восстановления загрязненных почв применяются различные механические, физико-химические и биологические методы очистки нефтезагрязненных почв (НЗП). Однако выбор физико-химического, в частности реагентного, метода очистки НЗП связан с возможным негативным воздействием на объекты окружающей среды: вторичное загрязнение, изменение физико-химических и морфологических свойств почв.

Кроме того, при реагентной очистке почв от НУВ может происходить вымывание гуминовых веществ (ГВ). Известно, что ГВ являются естественной и термодинамически устойчивой формой сохранения органических веществ в биосфере [1]. ГВ играют важную роль в процессах самоочищения почв: ГВ способны связывать высокотоксичные элементы, не препятствуя дальнейшим естественным процессам детоксикации веществ [2]. Так как наибольшая эффективность очистки НЗП достигается

прицелочных значениях pH водных растворов реагентов, то, по всей видимости, при реагентной обработке НЗП происходит преимущественное вымывание гуминовых кислот.

Таким образом, представляется необходимой оценка способности реагентов снижать общее содержание ГВ в почвах. Исследование заключалось в экстракции водными растворами поверхностно-активных веществ (ПАВ) из незагрязненного торфяного грунта «Жирнозем» и последующем оценке изменения содержания органических веществ, согласно ГОСТ 23740–2016. Экстракция проводилась 15 мин. в конических колбах на лабораторном шейкере (110 об./мин.), растворы реагентов предварительно нагревались до рабочей температуры 60 °С. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.

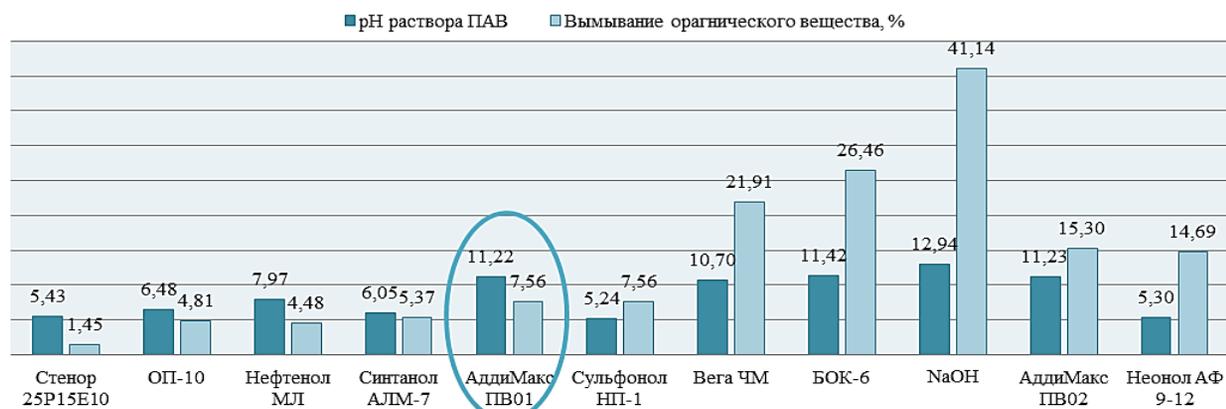


Рисунок 1. Результаты определения степени вымывания ГВ водными растворами ПАВ

Как видно из рисунка, степень вымывания ГВ в большой степени зависит от щелочности используемых растворов реагентов. Однако, ПАВ АддиМакс ПВ01 характеризуется низкой способностью вымывать ГВ при pH раствора 11,22. Также следует отметить значительное снижение содержания ГВ в отмытом с использованием Неонола АФ 9-12 образце грунта при pH раствора 5,30. Таким образом, щелочная среда рабочих растворов ПАВ является одним из определяющих, но не единственным фактором способности некоторых реагентов вымывать ГВ из НЗП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов, А. И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование. - СПб.: Изд. С. 2004 г. – 248 с.
2. Изосимов, А.А. Физико-химические свойства, биологическая активность и детоксирующая способность гуминовых препаратов, отличающихся генезисом органического сырья: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. – М., 2016. – 148 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕЙ УССУРИ

Луценко Т.Н.¹, Шамов В.В.¹, Губарева Т.С.^{2,1}, Кожевникова Н.К.³

¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, e-mail: luts@tig.dvo.ru

²Институт водных проблем РАН, Москва

³ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Введение

Растворенное органическое вещество (РОВ) является компонентом цикла углерода и влияет на биогеохимические циклы многих элементов, поэтому важно исследовать формы его нахождения и трансформации. Известно, что реактивность РОВ тесно связана с параметрами его состава и

молекулярной структуры, определяемыми природными условиями. Большое разнообразие горно-лесных ландшафтов верховьев рек юга Дальнего Востока обусловлено большой изменчивостью природных факторов. Цель исследования: оценка варибельности концентраций и оптических параметров поверхностных вод трех малых горно-лесных бассейнов верхнего течения р. Уссури.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились на территории Верхнеуссурийского стационара ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, расположенного в бассейне р. Правая Соколовка, входящей в систему верховьев р. Уссури. Объект изучения – РОВ притоков I–II порядка (ручьи Еловый, Березовый, Медвежий Ключ). Ландшафты (диапазон абс. выс. 600–1000 м) различаются по составу подстилающих пород – мелового, триасового и юрского возраста и типов леса: пихтово-еловый (Еловый), хвойно-лиственный (Березовый), кедрово-широколиственный (Медвежий Ключ). Почвы территории – буроземы разной степени оподзоленности в зависимости от позиции в ландшафте. Воды $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ состава отличаются минерализацией и рН, возрастающих в ряду Еловый–Березовый–Медвежий Ключ.

Пробоотбор и гидрологические измерения проводили в полевые сезоны 2015–2017 гг. Пробоподготовку и анализ воды выполняли стандартными гидрохимическими методами. Спектры поглощения вод снимали в диапазоне 200–800 нм. Рассчитывали спектральные индексы SUVA_{254} , A_{350} , E_2/E_3 , S_R . Спектры эмиссии флуоресценции записывали в диапазоне 380–500 нм при длине волны возбуждения 370 нм. Рассчитывали стандартные спектральные индексы VIX и FI.

Обсуждение результатов

Все показатели варьировали благодаря различиям в водности, рельефе, растительности, физико-химических свойствах почв и подстилающих пород. Концентрации углерода РОВ изменялись от 2.3 до 11.4 мг/л. Максимальные концентрации, в основном, были характерны для Березового, самые низкие – для Елового. Динамика индексов спектров поглощения (SUVA_{254} , A_{350} , E_2/E_3 , S_R) показала, что РОВ Березового отличается наибольшей ароматичностью (степенью конденсации углерода) и относительным молекулярным весом (МВ) хромофорных компонентов по сравнению с РОВ Медвежьего Ключа и Елового. Этот тренд подтверждается и характером изменчивости длины волны в максимуме спектров флуоресценции.

Параметры спектров флуоресценции (VIX, FI) позволили выявить соотношение вкладов в структуру макромолекул РОВ аллохтонных (почвенных, более ароматических) и автохтонных (микробиальных) источников РОВ. Установлено, что РОВ Березового отличается наибольшей амплитудой изменчивости этих двух источников; можно предположить, что это связано с более высокой микробиологической активностью почв.

Заключение

Исследования показали, что присутствие пород кислого состава, более холодные местообитания и преобладание хвойных обуславливают более высокую кислотность вод Елового, характеризующегося относительно низкой ароматичностью и МВ компонентов РОВ, поступающих из преимущественно автохтонных источников. Бассейн Березового с наиболее метаморфизованными породами, преобладанием высокозольного опада березы выделяется интенсивностью трансформации ОВ, вкладом относительно высокомолекулярного РОВ ароматической природы. По-видимому, почвы бассейна Медвежьего Ключа, формирующиеся на породах основного состава, при доминировании лиственных древостоев, являются более эффективным геохимическим барьером для ароматических высокомолекулярных фракций РОВ.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 16-05-00182а, 16-05-00541а)

УДК 631.41

ЗООГЕННЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

Майоров Е.И., Орлова Н.Е., Битюцкий Н.П.

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, emaiorov@inbox.ru

Введение. Особым вниманием в научной среде пользуются зоогенные механизмы трансформации органического вещества. Такие механизмы трансформации могут быть как прямыми (непосредственное воздействие и изменение среды, в которой находится органический субстрат: прокладка ходов, перетаскивание, измельчение материала и др.), так и косвенными (посредством физического или химического воздействия на органический субстрат через кишечные, поверхностные выделения; высвобождения продуктов жизнедеятельности, активации микроорганизмов через эти продукты). Широко распространенная в почве фаунистическая группа, участвующая в различных почвенных процессах, дождевые черви. В настоящее время они стали частым объектом исследования в связи с проблемой переработки органических отходов, развития и внедрения зоологических методов мелиорации почвы. Однако роль этих беспозвоночных животных, особенно их поверхностных и кишечных экскретов, в процессах гумификации растительного материала до сих пор изучена крайне слабо.

Цель настоящей работы – исследовать роль экскретов дождевых червей в процессах гумификации растительных остатков.

Объекты и методы исследования. В экспериментах использовали экскреты дождевых червей сем. *Lumbricidae Aporrectodea caliginosa*. В качестве растительных остатков для изучения процессов их минерализации и гумификации использовали свежую массу клевера (*Trifolium pratense* L.) и пырея (*Elytrigia repense* L.), характеризующихся разными соотношениями C/N. Растительные остатки вносили в прокаленный кварцевый песок в соотношении 1:10 и инкубировали при температуре 20-22°C и влажности компоста 60% от ПВ в течение 90 сут. в пластиковых сосудах объемом 200 мл. Внесение экскретов в компосты – разовое, в начале эксперимента. Концентрация $C_{\text{общ}}$ (действующего вещества) в экскрете составляла 7 мкг/г, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ – 1 мкг/г. Темпы минерализации растительного материала оценивали по содержанию органических форм углерода, гумификации – по содержанию гумусовых веществ (ГВ) и гуминовых кислот (ГК). Определение содержания ГВ проводили в 0,1 М NaOH-вытяжке; ГК – в 0,1 М NaOH-вытяжке после осаждения 0,5 М H_2SO_4 . Степень бензоидности ГК характеризовали по индексу оптической плотности ($E_{\text{СГК}}^{\text{мг/мл}}$). Элементный анализ препаратов ГК выполняли на СНН-анализаторе «ЛесоСНН-628». Действие экскретов сопоставляли с действием известных промоторов минерализации, таких как глюкоза ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) и хлорид аммония (NH_4Cl). Статистическую обработку данных проводили с помощью IBMSPSSStatistics, Version 19-20.

Результаты и их обсуждение. Внесение экскрета дождевых червей существенно увеличивало (на 12-14%) скорость минерализации растительных остатков как с высоким (клевер), так и с низким (пырей) соотношением C/N. Действие экскретов дождевых червей на минерализацию растительных остатков в целом было сопоставимо с действием хлорида аммония и глюкозы, и отличалось только по срокам проявления затравочного действия. Внесение экскретов дождевых червей стимулировало процесс гумификации растительных остатков и было сопоставимо с действием хлорида аммония. Существенного влияния глюкозы на гумификацию растительных остатков не обнаружено. Количественные изменения в составе органического вещества компостов, вызванные экскретами дождевых червей, сопровождались качественными изменениями в структуре и свойствах новообразованных гуминовых кислот. В процессе трансформации растительных остатков экскреты червей индуцировали возрастание доли ароматических фрагментов в молекулярной структуре гуминовых кислот, увеличивая тем самым их биотермодинамическую устойчивость.

Заключение. Выявлено затравочное действие экскретов дождевых червей в отношении гумификации растительных остатков с разным соотношением C/N. Стимулирующий эффект экскретов как на минерализацию, так и гумификацию растительных остатков проявлялся уже на начальных этапах их компостирования (15-30 сут.). По-видимому, он обусловлен наличием в составе экскретов аммония. Однако нельзя исключать и иные механизмы затравочного действия экскретов. Таким

образом, дождевые черви могут стимулировать процесс гумификации растительных остатков не только в результате их пассажа через пищеварительный тракт, но и посредством выделения червями кишечных и поверхностных экскретов в почву. Данный механизм интенсификации круговорота органического материала может иметь ключевое значение для участков почвы (дрилосферы), контактирующих с поверхностью дождевых червей в их норах или ходах.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА В УСЛОВИЯХ ЛИЗИМЕРИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Милановский Е.Ю.^{1,2}, Караванова Е.И.¹, Рогова О.Б.², Юдина А.В.², Яшин М.А.²

¹ Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, milanovskiy@gmail.com

² ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва

Раскрытие механизмов формирования и факторов, обеспечивающих агрегатную структуру черноземов, актуальная задача современного почвоведения. При очевидном участии органического вещества почв (ОВП) в процессах структурообразования, физико-химическая природа этих явлений далеко не ясна. Исследования в Оренбургской, Воронежской и Курской области, выявили разительные отличия в содержании ОВ и агрегатном состоянии чернозема под лесополосами и прилегающей пашни. В настоящее время в фитоценозе лесополос отсутствует травянистый ярус и поступление «нового» органического углерода в минеральные горизонты почвы происходит за счет корневого отпада древесных пород и водорастворимого органического вещества (ВОВ) из лесной подстилки. Органические вещества в составе ВОВ обладают наибольшей потенциальной способностью сорбироваться на поверхности минеральных элементарных почвенных частиц (ЭПЧ), модифицировать ее, придавая ЭПЧ новое качество – способность вступать в межчастичные взаимодействия, являющейся основой формирования устойчивой агрегатной структуры.

Цель работы – верификация рабочей гипотезы: накопление гумуса и формирование агрегатной структуры в черноземе под лесополосой обуславливает ВОВ подстилки.

Объекты - чернозем типичный, $A_{\text{пах}}$ (Курская область) из полевых лизиметров, функционирующих с 31.10.2014 по 26.06.2016 г. Варианты лизиметров – дубовые листья («Лист»), дубовые листья на $A_{\text{пах}}$ («Лист/ $A_{\text{пах}}$ ») и слой $A_{\text{пах}}$ (« $A_{\text{пах}}$ »). Содержание Сорг. в лизиметрических водах определяли на ТОС-VCPH (Shimadzu, Япония). Углерод и азот в твердофазных образцах на CN анализаторе (Vario EL, Elementar, Германия). Выделение денсиметрических фракций проводили в растворах поливольфрамата натрия с плотностью <1.6, 1.6–1.8, 1.8–2.2 и >2.2 г/см³. Распределение частиц по размерам - методом лазерной дифракции на MicrotracBluewave (Microtrac, США).

При отсутствии подстилки за 20 месяцев с лизиметрическими водами из $A_{\text{пах}}$ вынесено 480 мг углерода, что привело к снижению на 0,07% содержания гумуса. Миграция с гравитационной влагой С орг. из подстилки дубовых листьев составила 1960 мг, 57% которого аккумулируется твердой фазой $A_{\text{пах}}$, обеспечивая в нем бездефицитный баланс гумуса.

При наличии подстилки над $A_{\text{пах}}$, миграция из него мелкозема выражена в 2,4 раза меньше. Временное удаление органогенного слоя приводит к резкому увеличению процесса лессиважа. В исходном состоянии мигрирующий мелкозем представлен микроагрегатами с преимущественным диаметром 4,6, 11,0 и 27,4 мкм, распадающихся на ЭПЧ с диаметрами 0,5 и 1,2 мкм.

Анализ денсиметрических фракций позволил установить, что дегумификация в варианте лизиметра « $A_{\text{пах}}$ » происходит за счет окклюдированного ОВ и органоминеральной фракции с плотностью 1,8–2,2 г/см³. Аккумуляция в минеральной массе $A_{\text{пах}}$ ВОВ из подстилки происходит в органоминеральной фракции с плотностью 1,8 – 2,2 г/см³.

Экспериментально определены диаметры ЭПЧ денсиметрических фракций и установлена их текстурная дифференциация. Доминантами в составе фракции 1,8–2,2 г/см³ являются частицы мелкой пыли и ила, а во фракции с плотностью >2,2 г/см³ абсолютно преобладают ЭПЧ размера крупной пыли. Данный результат ставит вопрос об истинных значениях плотности ЭПЧ, используемых при определении гранулометрического состава почв методом седиментации. По данным

денсиметрического фракционирования физическая глина в черноземе имеет плотность $<2,2 \text{ г/см}^3$. Такое «облегчение» частиц может обуславливать только сорбированное на твердой фазе ОВ.

Полученные результаты подтверждают важную роль ВОВ, как фактора обеспечивающего сохранение гумуса и модификатора поверхности минеральных частиц. В тоже время становится ясно, что для восстановления агрегатного состояния черноземов пашни, одного ВОВ недостаточно. Необходимо также восполнение органических ЭПЧ, образующихся в природе за счет трансформации органических остатков в почве *in situ* в минеральных горизонтах профиля. В лесополосах этот процесс выражен до тех пор, пока не сомкнуты кроны деревьев и уровень освещенности позволяет развиваться травянистому ярусу.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президиума РАН “Изучить депозитарные и экологические функции почв в агроландшафте”.

ИЗМЕНЕНИЕ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАЗЕМНОЙ МАССЫ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ГУМИФИКАЦИИ

Орлова Е.Е., Гуртовая А.В., Орлова Н.Е.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, orlova55@mail.ru

Введение. Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) был интродуцирован с Кавказа более 60 лет назад. Начиная с 1980-х годов наблюдается одичание и стихийное проникновение борщевика в ландшафты вне зоны его культивирования. В настоящее время он распространился практически во все регионы РФ, его заросли занимают значительные площади на обочинах дорог, неудобьях и залежах. Борщевик представляет серьезную опасность для населения, а внедряясь в естественные фитоценозы, он вытесняет исконных обитателей. Эффективного способа остановить экспансию этого агрессивного инвазионного вида до сих пор не найдено. И, несмотря на прилагаемые усилия остановить его распространение, ареал борщевика Сосновского продолжает расширяться.

Была предпринята попытка использовать зеленую биомассу борщевика в качестве материала для производства компостов, которые в дальнейшем можно будет использовать в качестве органических удобрений. Однако известно, что одной из причин успешной инвазии борщевика Сосновского является его способность крайне негативно влиять на другие компоненты фитоценозов, в которые он внедряется, то есть наличие у борщевика аллелопатических свойств. Поэтому, прежде чем использовать получаемые компосты как удобрения, необходимо было определить их биоудобрительные свойства и отсутствие фитотоксичности.

Цель настоящей работы – оценить изменение фитотоксичности компостов из наземной массы *H. sosnowskyi* в процессе гумификации.

Объекты и методы исследования. Компосты были получены при разложении зеленой массы *H. sosnowskyi* в безгумусовой среде с добавлением в начале эксперимента минеральных и органических агентов, повышающих скорость трансформации растительного материала и усиливающих процессы гумификации. Исследовано действие хлорида аммония, глюкозы, карбоната кальция, биоугля и фуллеренола. Было изучено 14 вариантов опыта. Компостирование проводилось при температуре 20-22°C и оптимальной влажности компоста (60% от полной влагоемкости). Длительность компостирования составляла от 30 до 90 дней. Повторность опыта четырехкратная. Темпы минерализации растительного материала оценивали по содержанию органических форм углерода, результаты гумификации – по содержанию гумусовых веществ (ГВ) и гуминовых кислот (ГК). Определение содержания ГВ проводили в 0,1 М NaOH-вытяжке; ГК – в 0,1 М NaOH-вытяжке после осаждения их 0,5 М H₂SO₄. Степень химической зрелости ГК характеризовали по индексу оптической плотности ($E_{\text{Crk}}^{\text{мг/мл}}$). Фитотоксичность водной вытяжки из зеленой массы борщевика и полученных из этой массы компостов оценивали по ГОСТ 12038-84.

Результаты и их обсуждение. Показано, что наземная масса *H. sosnowskyi* активно подвергается трансформации во всех вариантах опыта, чему способствует высокая обогащенность растительного материала азотом. За 30 дней компостирования было минерализовано от 20 до 25% органического вещества, что свидетельствует о высокой активности микробиологических процессов в компосте,

несмотря на сильные аллелопатические свойства *H. sosnowskyi*. В тоже время полученные компосты существенно различались по содержанию общего и водорастворимого органического углерода, содержанию и качеству новообразованных ГВ и ГК. Наиболее активно минерализация протекала в компостах с добавлением хлорида аммония и глюкозы. В этих вариантах опыта за 30 дней было минерализовано органического вещества на 10-12% больше, чем в контроле. Максимальное действие на гумификацию оказали хлорид аммония, карбонат кальция и биоуголь. Содержание ГВ составляло 32, 28 и 30% от общего углерода, а ГК – 18, 16 и 19% соответственно. Причем, если содержание ГК в органическом веществе компостов было максимальным при добавлении биоугля и хлорида аммония, то максимальной степенью бензоидности характеризовались ГК, сформированные в варианте с карбонатом кальция. Следовательно, добавление карбоната кальция в процессе трансформации наземной массы *H. sosnowskyi* уже на ранних этапах гумификации увеличивает долю ароматических фрагментов в молекулах ГК.

Особый интерес представляют результаты изучения фитотоксичности компостов. Они свидетельствуют о значительном снижении токсичных свойств исследуемого материала (на 45-70%), а в некоторых вариантах опыта и полном устранении токсичности.

Заключение. Полученные материалы дают основание для дальнейшего более подробного изучения свойств компостов, получаемых на основе зеленой массы борщевика Сосновского с целью его утилизации и получения органических удобрений.

СОСТАВ И СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ ОРГАНО-ЛАТЕРАЛЬНО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПОЧВ ПИНЕЖСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Розанова М.С., Демидова С.В., Трофимов С.Я., Семиколенных А.А.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, г. Москва, rozanova_ms@mail.ru

Пинежский заповедник расположен в среднем течении реки Пинеги (Архангельская обл.). Район относится к Атлантико-Арктической климатической области умеренного пояса. Были выделены и описаны гуминовые кислоты (ГК) из органогенных горизонтов органо-латерально-аккумулятивных почв днищ карстовых воронок (Горячкин, 2010), особенность которых заключается в наличии мощного органо-аккумулятивного горизонта, формирующегося за счет латерального гравитационного или олового привноса органического вещества (ОВ) (стволов, мха, хвои и т.д.).

Препараты ГК были выделены из дневных и погребенных горизонтов и очищены методом высаливания (Орлов, Гришина, 1981). Элементный состав препаратов ГК определен на CNHS-анализаторе «Vario EL III» (Elementar, ФРГ), молекулярные массы ГК определены методом ВЭЖХ Agilent 1100 на колонке Ultropac Column (LKB 2135-230) TSKG2000SW 7,5x300 mm с фосфатным буфером (pH=7) с SDS-Na, V=0,5 мл/мин, с калибровкой по глобулярным белкам. Инфракрасные (ИК) спектры препаратов ГК сняты на ИК-спектрометре «Tensor 27» (Bruker, ФРГ) в интервале 4000-400 см⁻¹ с применением КВг-техники (Орлов, Осипова, 1988). Возраст погребенного органического вещества составляет 4568 - 4726 лет по данным радиоуглеродного датирования.

В ГК погребенных органогенных горизонтов отношение Н:С ниже, чем в ГК современных горизонтов, что может говорить о разрушении периферийной части молекул ГК при погребении.

Графико-статистический анализ атомных отношений по Ван-Кревелену показал, что ГК разделяются на две группы ГК – выделенных из современных горизонтов и вторая группа, ГК, выделенные из погребенных горизонтов почв. В ГК погребенных горизонтов идут процессы дегидрогенизации и декарбоксилирования. По коэффициентам Заславского ГК погребенных горизонтов отличаются более конденсированной структурой и более высокой степенью окисленности от ГК современных гумусовых горизонтов. ГК погребенных гумусовых горизонтов характеризуются высокой степенью бензоидности, что позволяет отнести их к окисленным соединениям. В молекулярно-массовом распределении ГК также можно отметить различия, выраженные в отсутствии СМФ и преобладании НМФ в ГК, выделенных из погребенных горизонтов, тогда как в ГК современных гумусовых горизонтов видны три фракции: ВМФ, СМФ, НМФ. В ИК-спектрах ГК погребенного

горизонта более отчетливо, по сравнению с ГК современного горизонта, выражен пик при 1610 см⁻¹, характеризующийся поглощением С=С связей в ароматических структурах.

Элементный состав ГК (атомные проценты), выделенных из органо-латерально-аккумулятивных почв днищ карстовых воронок Пинежского заповедника

Почва	Горизонт	С%	Н%	Н%	О%	С:Н	О:С	Н:С	(Н:С)исп	ω
разрез 114	А	37.98	3.54	38.53	19.50	10.72	0.51	1.01	1.70	0.01
	[Н]	45.87	2.59	29.87	20.50	17.74	0.45	0.65	1.25	0.24
разрез 214	А	34.80	3.00	43.25	18.69	11.61	0.54	1.24	1.96	-0.17
		34.97	2.85	43.00	18.85	12.26	0.54	1.23	1.95	-0.15
	[А]'	44.05	2.42	32.31	20.20	18.17	0.46	0.73	1.35	0.18
		42.21	2.41	35.33	19.30	17.55	0.46	0.84	1.45	0.08
	[А]''	41.13	2.69	35.84	19.17	15.27	0.47	0.87	1.50	0.06
разрез 11	Н	35.76	1.75	45.98	16.26	20.38	0.45	1.29	1.90	-0.38
		38.23	1.94	41.85	17.73	19.75	0.46	1.09	1.72	-0.17
	[НС]	41.73	2.97	39.22	15.78	14.05	0.44	0.94	1.45	-0.43
		41.77	2.99	38.98	15.97	13.94	0.43	0.93	1.45	-0.46

Полученные данные о структуре ГК современных и погребенных горизонтов Пинежского заповедника говорят, что при погребении гуминовые кислоты частично «консервируются», процесс минерализации гуминовых кислот сильно замедлен.

О ВКЛАДЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В СОРБЦИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ВЕРХОВЫМ ТОРФОМ

Селянина С.Б., Зубов И.Н., Кузнецова И.А., Ларионов Н.С.
ФГБУН ФИЦКИА РАН, Архангельск, gumin@fcifrcitic.ru

Тяжелые металлы, поступая в окружающую среду, могут вызывать, как к интоксикации отдельных организмов, так и гибель экосистемы [1]. Среди металлов-токсикантов наиболее токсичными считаются ртуть, свинец и кадмий [2], из которых по объему антропогенного поступления превалируют два последних.

Для Севера РФ характерна высокая заболоченность. Торфяные отложения (преимущественно верхового типа) занимают более трети материковой части арктического региона [3]. Считается, что основная активная часть торфа – гуминовые вещества. В силу своего строения они являются анионными полиэлектролитами, что характеризует их, с одной стороны, как хорошие комплексообразователи и ионообменники для многих катионов металлов [4], а с другой – позволяет им вступать в интерполиэлектролитные реакции [5]. Они способны как иммобилизовать тяжелые металлы, так и повышать их миграционную способность. Это определяется особенностями связывания металлов. Соответственно гуминовые вещества торфа интересны также для решения задач по защите окружающей среды от различных загрязнителей.

Поэтому предметом представляемого исследования является изучение основных закономерностей взаимодействия тяжелых металлов с гуминовыми кислотами.

Полученные экспериментальные данные о функциональной природе гуминовых кислот малоразложившегося верхового торфа позволяют охарактеризовать их как активный компонент, обеспечивающий значительный вклад в его сорбционную способность. Амфифильный характер строения и наличие кислородсодержащих групп обеспечивают высокую сорбционную их способность по отношению тяжелым металлам (до 0,90 ммоль/г для Pb²⁺ и до 0,85 ммоль/г для Cd²⁺). Взаимодействие не приводит к коагуляции (как следствия уменьшения толщины ДЭС) или к

высаливанию (вследствие десольватации гидрофильных групп макромолекулы). Вместе с тем, образование межмолекулярных агрегатов с участием тяжелых металлов подтверждается минимальным размером частиц, измеренным методом динамического светорассеяния. Полученные значения (15-40 нм) выше, чем у молекулярно диспергированных макромолекул гуминовых кислот торфа (3-10 нм) в случае подавления полиэлектролитного эффекта [6].

Высокая степень связывания ионов кадмия (II) и свинца (II) гуминовыми кислотами верхового торфа свидетельствует об их ярко выраженных сорбционных свойствах, благодаря которым они имеют высокий потенциал применения в качестве промышленных сорбентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-60151 «Влияние алмазодобывающей деятельности на состояние биогеоценозов Арктической зоны РФ (на примере Европейского Севера)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nagajyoti P.C., Lee, K.D., Sreekanth T.V.M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: A review // Environ. Chem. Lett. – 2010. – Vol. 8. – P. 199-216.
2. ATSDR. Toxicological profile for lead. 2007. Available online: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=96&tid=22> (accessed on 22 September 2015).
3. Сирин А.А., Маркина А.В., Минаева Т.Ю. Заболоченность Арктической зоны России / Болотные экосистемы Северо-Востока Европы и проблемы экологической реставрации в зоне многолетней мерзлоты: материалы международного полевого симпозиума. – Сыктывкар, 2017. С. 16-22.
4. Кван Г., Ян Ж. Константы связывания свинца с помощью гуминовых и фульвовых кислот: определение методом инверсионной квадратно-волновой вольтамперометрии // Электрохимия. – 2010. – Т.46, №1. – С. 95-99.
5. Братская С. Ю. Ионогенные свойства природных полиэлектролитов и их производных: Дисс... докт. хим. наук. – Владивосток, 2009. – 359 с.
6. Parfenova L.N., Selyanina S.B., Trufanova M.V., Bogolitsyn K.G., Orlov A.S., Volkova N.N., Ponomareva T.I., Sokolova T.V. Influence of climatic and hydrological factors on structure and composition of peat from northern wetland territories with low anthropogenic impact // The Science of the Total Environment. 2016. Т. 551-552. С. 108-115.

ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ И ФОТОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

Соколова И. В.¹, Кудлацкая А. А.¹, Терещенко О. В.¹, Селянина С. Б.², Орлов А. С.²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, sokolova@phys.tsu.ru

²ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова РАН, Архангельск, smssb@yandex.ru

Гуминовые вещества (ГВ) – одна из наиболее сложных для изучения групп природных соединений и их многочисленные функции изучены еще явно недостаточно. ГВ действуют многообразно: как сорбенты, как катализаторы на процессы гидролиза, как солубилизирующие агенты, влияют на микробиологические процессы, выступают как фотосенсибилизаторы и тушители. Их спектрально-люминесцентные и фотохимические свойства изучены еще недостаточно, хотя и известно, что гуминовые вещества могут поглощать свет и переносить световую энергию к другим компонентам водных растворов. Известно о способности таких веществ производить активные формы кислорода после облучения. Исследование спектрально-люминесцентных свойств гуминовых веществ чрезвычайно актуально, так как позволяет выяснить влияние оптических излучений естественного и техногенного происхождения на окружающую среду. А как отметил выдающийся фотохимик лорд Дж. Портер, «оптическое излучение имеет определяющее значение для функционирования биосферы».

Целью работы являлось изучение флуоресцентных и фотохимических свойств гуминовых кислот (ГК), полученных из образцов торфа низинного и верхового типа месторождения «Тёмное» Томской

области. Вторая группа исследованных ГК выделена из обезбитуминированного верхового торфа с различной влажностью в Мезенском районе Архангельской области. Изучен также стандартный коммерческий препарат гуминовых кислот Aldrich (ГКА).

Спектры поглощения и флуоресценции регистрировали на спектрофлуориметре SM2203 (фирма «Solar», Беларусь). Фотохимические свойства изучены в стационарных условиях и в проточном фотореакторе [1]. В качестве источников ультрафиолетового (УФ) излучения для фотохимических исследований была использована уникальная импульсная эксилампа на рабочих молекулах KrCl с параметрами $\lambda_{\text{изл}} \sim 222$ нм, $\Delta\lambda = 5\text{—}10$ нм, $W_{\text{пик}} = 18$ мВт/см², $f = 200$ кГц, длительность импульса 1 мкс; разработанная под руководством проф. В.Ф. Тарасенко в Институте сильноточной электроники СО РАН, г. Томск. Также для облучения ГК использовалась гелиевая лампа «Solar» с фильтром СЗС-24, моделирующая солнечное излучение ($\lambda_{\text{изл}} = 300\text{--}800$ нм, $W_{\text{пик}}$ до 160 мВт·см⁻²).

Получено, что исследуемые образцы ГК существенно отличаются по свойствам от ГК фирмы «Aldrich», что связано с различными условиями формирования, а также соотношением органических структур в их составе. Сравнение спектрально-люминесцентных свойств ГК, выделенных из низинного и верхового торфов, выявило их существенные различия, определяющиеся степенью разложения. Добавка ГК ускоряет процесс фотодеградации гербицида 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) при УФ облучении, в отличие от облучения в видимом диапазоне. Обнаружено, что использование проточного фотореактора в процессе фотодеградации анализируемого гербицида эффективнее, чем использование ламп в стационарном режиме. Главным преимуществом проточного фотореактора является увеличение дозы вкачанной энергии, а также достаточно большая площадь возбуждения. Вследствие этого длительность процесса фотодеградации сократилась.

Для образцов ГК из Архангельской области обнаружена зависимость спектров поглощения и флуоресценции от продолжительности высушивания, и глубины залегания. Чем дольше продолжительность высушивания образцов, тем меньше оптическая плотность спектров поглощения. В процессе гумификации и с продолжительностью высушивания торфа интенсивность флуоресценции ГК возрастает. Обнаружена зависимость спектров флуоресценции исследованных образцов от длины волны возбуждения флуоресценции.

Работа поддержана грантом РФФИ № 17-45-290682 p-a.

I.Tchaikovskaya O. N. and Sokolova I. V. Photoreactors for solving problems of environmental pollution // Russian physics journal, 2015, V. 57, № 12, P. 1725-1731.

ОЦЕНКА СКОРОСТИ РАЗЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ТОРФАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Соловьева А.А.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, г. Москва, solovyova.a.a@mail.ru

Биогеоценозы криолитозоны характеризуются низкой емкостью биологического оборота, мозаичностью почвенного и растительного покрова, бедностью видового состава фитоценозов и их низкой биопродуктивностью. В связи с этим, возможности биоты к самовосстановлению при интенсивном освоении и разработке недр являются крайне ограниченными. Органические вещества антропогенного происхождения даже в небольших количествах сохраняются в профиле почв криолитозоны долгое время.

Пробы олитрофного торфа ненарушенного строения (монолиты) были отобраны на бугристых торфяниках северной тайги Западной Сибири, развивающиеся в условиях вечной мерзлоты (Тюменская область, Надымский район) и были помещены в колонки высотой 25 см и диаметром 10 см. Масса монолитов составила около 1500 г. Торф поддерживался в течение всего эксперимента при естественной влажности, для чего монолиты регулярно (1 раз в два дня) взвешивали и при необходимости опрыскивали водой. В один из монолитов было внесено с поверхности 60 г дизельного топлива (ДТ), после чего монолиты были помещены в климатическую камеру. Периоды оттаивания

(температура +7°C) и промерзания (-10°C) длились по 14 дней, продолжительность эксперимента - 4 месяца.

Для оценки доли разложившихся органических веществ – нефтепродуктов (НП) (дизельного топлива) сравнили начальное и конечное содержание НП в монолитах торфа с учетом испарения дизельного топлива. Для этого вся масса торфа из монолита была высушена, перемешана и измельчена. Затем отобрано по 5 средних проб из каждого монолита и в них определено содержание НП методом ИК-спектрометрии. Сравнив конечное содержание НП с их содержанием в начале эксперимента, мы оценили долю разложившихся НП за 4 месяца. Результаты приведены в таблице 1. При низких температурах доля испарившегося ДТ составила 2,13%, содержание НП уменьшилось на 29,4%. Ранее, в экспериментах, проведенных на минеральных почвах при температурах выше 18°C, исследователями отмечалось, что загрязнение ДТ приводило к усилению дыхательной активности, увеличению содержания микробной биомассы и снижению устойчивости микробного пула. Полученные нами данные, показывают, что в условиях низких температур микробное сообщество торфов плоскобугристых торфяников разлагает НП с разной скоростью. Микробное сообщество торфов обладает низкой устойчивостью к загрязнению торфов НП, на это указывает показатели активности микробного сообщества и доля разложенных НП.

Изменение содержания НП в торфе за 4 месяца

Вариант опыта	Содержание НП, г/кг		Δ НП, г/кг	В месяц	Доля НП, разложенных за 4 месяца, в % от исходного
	01.05.2015	30.08.2015			
Торф	2,59	2,16	нет	нет	нет
Торф+ДТ	260,87	184,21	76,66	19,17	29,39

Считается, что в нефтезагрязненной почве резко увеличивается численность азотфиксирующих и аммонифицирующих бактерий, в большинстве относящихся к аэробным формам и снижается численность нитрификаторов. Нитраты устойчивы в средах с достаточно высокими величинами Eh. Исследования показали, что низкая скорость нитрификации в северных экосистемах связана, со слабой конкурентной способностью нитрифицирующих бактерий за N-NH⁴⁺ как источник азота. Отсутствие N-NO³⁻ в почвах криолитозоны приводит к тому, что процессы денитрификации ограничены.

РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОМИЦЕТОВ В ПОЧВАХ РАЗНОГО ГУМУСНОГО СТАТУСА ПРИ ИСККУСТВЕННОМ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ОБРАЗЦОВ

Федосеева Е.В.¹, Иванова А.Е.^{2,3}, Королев П.С.², Терехова В.А.^{2,3}

¹Российский научно-исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ, Москва, elenfedoseeva@gmail.com

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, ivanovaane@gmail.com

³Институт проблем экологии и эволюции Российской академии наук, Москва, vterekhova@gmail.com

Моно- и полиметаллическое загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) относится к приоритетному негативному воздействию на почвы. Сорбция катионов ТМ почвами, и как следствие токсичность данных поллютантов, зависит от таких свойств почв, как гранулометрический и минералогические составы, содержания органического вещества (гумусного статуса) и карбонатов, рН, а также от емкости поглощения (Мотузова, 1999). Гумусный статус почв можно моделировать внесением углеродсодержащих соединений (гуминовых веществ, биочара, наноматериалов). Под действием катионов ТМ способны трансформироваться функции и структура сообществ почвенных микроорганизмов. Среди микроскопических грибов, являющихся неотъемлемым компонентом наземных экосистем, возможно увеличение доли меланинсодержащих и патогенных форм. Несмотря на высокую степень изменчивости, микоиндикационные параметры при определенных видах

техногенных воздействий в высокой степени информативны (Терехова, 2007). В этой роли чаще всего выступают структурные показатели сообществ – таксономический состав, доля резистентных меланизированных форм, индексы видового разнообразия грибов.

Целью исследования была оценка влияния полиметаллического загрязнения на структурно-функциональную организацию грибных сообществ в почвах разного гумусного статуса без добавления и с добавлением углеродсодержащих соединений (ремедиантов).

Для эксперимента брали два типа почв: чернозем и агрозем (содержание $C_{орг}$ $5,5 \pm 0,02$ % и $1,5 \pm 0,02$ % соответственно). Предварительно высушенные, измельченные почвенные образцы выравнивали по влажности (60%) и выдерживали при комнатной температуре в течение 5 суток для достижения равновесия. Затем в почвенные образцы вносили сухую смесь солей ТМ (по 5 ОДК солей Zn, Cu и Pb). Через 14 суток к образцам добавляли ремедианты: биочар - 5 % (в сухом виде), 0,25 % лигногумат - 0,25 % (в водном растворе), а также их композицию. Таким образом, формировалось по 8 вариантов эксперимента для каждого типа почв: 4 контрольных образца и 4 с внесением смеси ТМ. Экспозиция образцов с ремедиантами - 90 дней при температуре 22-25°C. Отбор проб для микологических анализов проводили на 7-ые, 30-ые, 60-ые и 90-ые сутки эксперимента. Из каждого варианта опыта посев почвенной суспензии осуществляли на три питательные среды: агар Чапека, КДА и среда Гетчинсона (3-5 чашек Петри) – с тем, чтобы наиболее полно выявить и описать структуру сообществ микромицетов. Учет колониеобразующих единиц (КОЕ) и таксономическую идентификацию спорообразующих форм проводили на 14 – 16 сутки.

В начале эксперимента в посевах на всех питательных средах между вариантами выявлены лишь незначительные колебания показателей видового разнообразия, которое мало зависело от типа почвы. Во всех пробах чернозема насчитывалось от 4 до 7 видов; доминировали представители родов *Trichoderma*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Humicola*. В пробах агрозема насчитывалось от 6 до 8 видов; доминировали представители родов *Trichoderma*, *Penicillium*, *Clonostachys*, *Chaetomium*. За время экспозиции грибные сообщества претерпели трансформацию. Причем, динамика таксономического состава грибов и численности КОЕ в почвах разного гумусного статуса различалась. На данном этапе обработки полученных данных можно утверждать, что к концу экспозиции: 1) видовое разнообразие микромицетов возросло в обеих почвах, но было выше в агроземе по сравнению с черноземом; 2) полиметаллическое загрязнение оказало стрессирующее воздействие, что выразилось в увеличении числа видов в большинстве вариантов опыта, особенно в черноземе. В контрольных пробах чернозема преобладали представители родов *Penicillium* и *Acremonium*, в пробах с биочаром добавляются представители р. *Trichoderma*. В пробах чернозема с ТМ активно развиваются представители родов *Trichoderma*, *Penicillium*, меньше *Acremonium*, появляются темно-окрашенные формы, например, *Aspergillus* spp. В контрольных пробах агрозема отмечалось большое разнообразие видов *Penicillium* spp. и постоянство представителей *Trichoderma* spp., в пробах с ремедиантами появляются *Fusarium* spp. и *Mucor* spp. В пробах агрозема с ТМ помимо видов родов *Penicillium* и *Trichoderma* высоким обилием характеризовались грибы рр. *Clonostachys*, *Paecilomyces* и *Acremonium*.

Работа поддержана РФФИ, грант 18-04-01218_a.

СОСТАВ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВЗВЕШЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В РЕКАХ

Чалов С.Р.

МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, srchalov@geogr.msu.ru

Важным индикатором происхождения взвешенного вещества является доля в нем органических составляющих. Взвешенное органическое вещество (ВОВ), количественно определяемое по содержанию во взвеси органического углерода (ВОУ), является транзитной формой потока органического вещества (ОВ) в системе фотосинтез (+поступление ОВ с водным стоком с суши)—разложение + растворение-захоронение на дне [Ветров, Романкевич, 2014]. Содержание и характер распределения ВОВ в реках отражают биотические продукционно-деструкционные процессы, а также

взаимодействие речных вод с источниками углерод-содержащего материала на водосборе и руслах рек.

По результатам обобщения данных для рек России, собранных экспедициями географического факультета при определении величины ВОВ по данным анализа на CHNS-анализаторе, установлены типовые величины содержания органического вещества в составе взвеси. Оно варьирует от 25 % в паводки до почти полного исчезновения в зимнюю межень. Среднее содержание Сорг в периоды экспедиционных исследований составляло от 4 до 6%, среднее измеренное содержание ВОВ в составе взвешенных наносов для летних сезонов составило 4,2 %, с учетом зимних эта величина снижается до 3,8 %. Минимальные значения (< 2%) отмечались на участках рек, испытывающих сильное воздействие горнодобывающей деятельности, максимальные – где основную роль в формировании стока наносов играет сельское хозяйство. Содержание органического углерода во взвеси подвержено сезонным изменениям: летом оно повышено, осенью и зимой – понижено. В целом отмечено, что содержание органического вещества в составе взвеси – от 23,6 % в периоды паводков 2013 до почти полного исключения этой компоненты из состава взвеси в зимний период, подвержено более высокой цикличности, чем гранулометрический состав взвеси.

В крупных речных бассейнах источниками поступления органического взвешенного вещества могут быть почвы (смыв с сельскохозяйственных полей), разложение органических остатков, а также размывы берегов. Последняя составляющая рассматривается как одна из наиболее важных в глобальном аспекте, будучи связанным с освобождением древнего биологически активного углерода и его вовлечением в современный биогеохимический цикл в результате таяния мерзлоты. Для бассейна Селенги анализ коэффициентов вариации выявил статистически достоверные соотношения между долей органики во взвеси от распространения сезонной мерзлоты и доли органики в почвах (коэффициент линейной корреляции $\text{cor} > 0,6$).

Удельная величина поступления взвешенного органического углерода в реки южных речных бассейнов (бассейн Селенги) в 3-4 раза меньше, чем в устье северных рек (Енисей, Лены и др.). Так, при оцениваемом на основе наших данных среднегодовом выносе ВОВ в бассейне Селенги в размере 72960 т/год, соответствующая величина для замыкающего створа бассейна р. Енисей составляет 4480 000 т/год. Учитывая, что бассейны рек Енисея и Селенги отличаются на порядок (2540000 км² против 477000 км²), модуль стока удельного поступления ВОВ изменяется в субширотном направлении от 0,03 (бассейн Селенги) до 0,1 т/км² год (бассейн Енисея). Это подтверждает данные об усилении процессов поступления высвобождения органического в арктической зоне по сравнению с континентальными районами. В то же время достоверные корреляции ВОВ с распространением островной мерзлоты в бассейне Селенги указывают на существование и значимость этого процесса в формировании потоков органического вещества.

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О РОЛИ ГУМУСА В БИОСФЕРЕ В XX-XXI В

Чуков С.Н.

Санкт-Петербургский государственный университет, S_Chukov@mail.ru

Взаимодействия и взаимосвязи в системе почва-растения всегда были одной из ключевых тем естествознания со времен античности и активным действующим началом почвы всегда считалось ее органическое вещество. Идеи о связи плодородия почв с гумусом придерживались многие естествоиспытатели XVIII-XIX века, но наиболее ярко роль гумуса в почвообразовании оценил М.В.Ломоносов в своей гипотезе о автоморфном происхождении чернозема.

В «классический» период развития почвоведения роль гумуса в формировании почв и их продуктивности экспериментально была показана в работах В.В.Докучаева и П.А.Костычева. Но тщательным исследованиям почв методами классической химии стали мешать явления полихимизма, впервые отмеченные Д.И.Менделеевым: «...тщательный анализ почвы составляет очень сложную процедуру, при которой всегда можно ожидать разнообразных случайностей».

В середине XX века выход был предложен И.В.Тюриным, предложившим методологию фракционного подхода для оценки качественного состава гумусовых веществ. С ее помощью удалось построить и экспериментально подтвердить теорию взаимосвязи состава и типа почвенного гумуса с биоклиматическими факторами формирования почв разных природных зон. В то же время С. Ваксман высказал сомнения в их существовании: «Органические вещества почвы представляют собой не смесь таинственных соединений, требующих специальных названий, как «гуминовые тела», но включают в себя химические комплексы, происходящие или из растительных остатков, или из микроорганизмов».

Но, следует признать, что именно на основе классического эколого-биохимического подхода И.В.Тюрина, М.М.Кононовой, Л.Н.Александровой, Д.С.Орлова в XX веке были установлены четкие закономерности и взаимосвязи между составом-свойствами гумусовых веществ и гидротермическими параметрами различных почвенных типов, а также составом растительных и микробных сообществ.

К началу XXI века высочайший уровень variability состава и свойств почвенного гумуса стал очевиден всем исследователям. В его составе присутствуют не только макромолекулярные структуры, прошитые ковалентными связями, но и молекулы меньших размеров (гидрофобины, гломалин, дериваты лигнина, цвиттер-ионы аминокислот и др.), которые могут объединяться в более крупные ассоциаты водородными связями, силами Ван Дер Ваальса и другими относительно слабыми взаимодействиями.

Особое значение в биосферной роли гумуса играет то, что он не просто резервуар накопления углерода, а резервуар биологически активных соединений, играющих важнейшую роль в росте и развитии всей наземной биоты. Связь гумуса с продуктивностью растений была подмечена еще в древности. Отголоском этого в конце XIX в. стала чисто умозрительная, простая и «красивая» теория «гумусового питания» растений Берцелиуса-Теера. На деле связь гумуса с урожаем оказалась гораздо более многофакторной и сложной. И на одном из первых мест в этой связи стоит многократно отмеченная физиологическая стимуляция гумусовыми веществами процессов метаболизма растений и биоты.

С момента открытия физиологической активности гумусовых веществ прошло уже более 100 лет и все это время ученые предпринимают пока безуспешные попытки разгадать механизм этого взаимодействия. На роль активных структур предлагались различные участки макромолекул гумусовых веществ, но ни одна из этих структур не дала четкой взаимосвязи. Единственной из обнаруженных зависимостей, показавшая сравнительно высокий уровень корреляции (на уровне 0,86), оказалась связь физиологической активности гумусовых веществ с концентрацией в их препаратах свободных радикалов.

Не утихают попытки объяснить явление физиологической активности гумусовых веществ их проникновением внутрь клетки через цитоплазматическую мембрану (по сути, частичная реинкарнация «гумусовой» теории питания растений) и прямым включением гумусовых веществ в сложнейшие процессы биосинтеза внутри живой клетки. Однако, прямых доказательств этого маловероятного (хотя бы с точки зрения мембранного транспорта или цитоплазматического гомеостаза) процесса до сих пор нет. Объективно наиболее вероятной является гипотеза мембранотропного действия гумусовых веществ, которые, сорбируясь на поверхности мембран, с одной стороны оптимизируют минеральное питание, стимулируют мембранный транспорт, а с другой – оказывают биопротекторное действие, защищая мембрану от ксенобиотиков и неблагоприятных воздействий.

Секция 3. Органоминеральные взаимодействия в почвах

ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПОГРЕБЕННЫХ ПАЛЕОПОЧВ ЕВРАЗИЙСКИХ СТЕПЕЙ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

Алексеев А.О., Алексеева Т.В.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино,
alekseev@issp.psn.ru

Почвы и почвенный покров являются регулятором климата его индикатором и памятью происшедших изменений. В степной зоне юга Восточно-Европейской равнины сосредоточены два типа «временных капсул» четвертичного времени хранящих информацию о палеоэкосистемах и палеоклиматах. Во-первых, это лессово-почвенные комплексы позднего плейстоцена, во-вторых, это голоценовые палеопочвы археологических памятников. Для проведения количественных реконструкций параметров состояния окружающей среды использованы независимые методы, отражающие состояние твердой фазы почв (магнитный, минералогический, геохимический метод, изотопная геохимия). Детальные минералогические исследования палеопочв, а также анализ органоминеральных комплексов дополненные изучением вариаций биофильных и литофильных элементов существенно увеличивает достоверность почвенных индикаторов для получения информации о палеоклиматических условиях.

Проведена отработка методики расшифровки информации, сохраняющейся в органоминеральных комплексах палеопочв. Выполнено изучение органического вещества (ОВ) в валовых образцах и в составе илистой фракции фоновых почв и палеопочв голоценового хронологического ряда методом твердофазной ¹³C-ЯМР спектроскопии. Изучение состава и характеристик ОВ показало, что потери ОС и N валовых образцов почв коррелируют со временем, прошедшим с момента погребения почвы, распределение C_{орг} в составе илистой фракции определяется степенью атмосферной увлажненностью. Анализ параметров ЯМР спектров органоминеральных комплексов илестых фракций погребенных и современных почв продемонстрировал наличие прямых корреляций качественных характеристик органического вещества палеопочв с вариациями климатических условий голоцена. ¹³C-ЯМР спектры валового образца гор. А1 современной почвы и его илистой фракции имеют сходные характеристики: преобладают О-алкилы – 35%. Содержание алифатических структур составляет около 25-27%, ароматических 17-19% и карбоксильных групп 11-14%. ОВ в составе илистой фракции погребенных почв, сформировавшихся в условиях гумидного климата (погребенных 5100, 700 л. н.) характеризуется близким составом, но здесь по сравнению с илистой фракцией современной почвы несколько сокращается содержание алкилов, а содержание ароматических структур и карбоксильных групп возрастает. ¹³C-ЯМР спектр илистой фракции почвы аридного типа (погребенной 4000 л.н.) резко отличен. Для этого образца характерно низкое содержание ароматических структур (13%) и преобладание алифатических (30%). Следует подчеркнуть, что значимость получаемых зависимостей для илистой фракции существенно выше по сравнению с валовым образцом. Органическое вещество палеопочв максимально сохраняется в форме стабилизированных органоминеральных комплексов. Изменения изотопного состава ОВ в илистой фракции палеопочв изученного хронологического ряда отражают динамику климатических условий степей в голоцене и позволяют определить различие в соотношении групп C₃/C₄ растений в связи с изменением климата. Анализ ЯМР спектров органоминеральных комплексов илестых фракций погребенных почв лессово-почвенного комплекса, как и в случае с голоценовым хронологическим рядом продемонстрировал наличие корреляций качественных характеристик с вариациями климатических условий. Для илистой фракции отмечаются значимые изменения в изотопных данных δ¹³C, отражающих климатические факторы МАТ (температуры) и МАР (осадки). Для разреза Чумбур-Коса δ¹³C ИСУ палеопочв и лессов

лежит в интервале -27.2‰ — -24.52‰ , что свидетельствует о преобладании СЗ растений. Для всех лессов значения $\delta^{13}\text{C}$ облегаются в интервале 1.5‰ – 3‰ по сравнению с палеопочвами, что подтверждает понижение среднегодовой температуры в период лессонакопления. Полученные результаты свидетельствуют о информативности изотопного состава углерода органо-минеральных комплексов (илистая фракция палеопочв) для палеореконструкций, но требует дополнительных исследований.

О НЕГИДРОЛИЗУЕМОМ ОСТАТКЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ

Алексеева Т.В.¹, Золотарева Б.Н.¹, Бухонов А.В.¹, Колягин Ю.Г.²

1 -Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино,

e-mail: alekseeva@issp.serpukhov.su

2-МГУ имени М.В. Ломоносова, химический факультет, Москва

В работе обобщены результаты изучения группового состава гумуса ~ 200 фоновых почв и > 100 погребенных почв плейстоцена и голоцена. Дополнительно в деталях изучены гуминовые вещества (ГВ) почв различного генезиса – от полупустынных (плато Устюрт) до субтропических почв Абхазии и КНР и выделенных из них илистых фракций, а также ГВ голоценовых палеопочв Волгоградской области и палеопочв нижнего и верхнего карбона на территории Подмосковского осадочного бассейна. Органическое вещество (ОВ) этих почв изучено комплексом общепринятых в отечественном почвоведении методов. Содержание в образцах Сорг. определялось по методу И.В.Тюрина, фракционный состав гуминовых веществ – по схеме В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой. Нерастворимый при данной схеме анализа остаток гуминовых веществ являлся препаратом негидролизуемого остатка (НО) для последующего спектроскопического исследования. Структурные особенности ОВ почв и соответствующих им препаратов НО изучены методом твердофазной ^{13}C ЯМР спектроскопии. Для уменьшения помех от парамагнитной фазы изучаемые образцы предварительно были трижды обработаны 10 % раствором HF. Минеральный состав почв и илистой фракции изучен методом рентгеновской дифрактометрии.

Обобщение большого массива литературных данных показало, что $50\pm 15\%$ от общего содержания Сорг. в фоновых почвах составляет НО (гумин). Его содержание в погребенных почвах голоцена и плейстоцена сравнимо с современными почвами: $54\pm 21\%$, т.е. в ходе погребения НО не накапливается и не является инертной составляющей гумуса почв, но подвержен минерализации и трансформации. С большой долей вероятности можно говорить, что содержание Сорг. в составе НО в почве и палеопочве не является случайной величиной, а прямопропорционально содержанию Сорг ($R=0.93$ для фоновых почв и $R=0.95$ для погребенных). Выявлено существование обратной зависимости между содержанием гуминовых кислот (ГК) и НО как для современных ($R= - 0.86$), так и погребенных почв ($R= - 0.83$). При этом зависимость между содержаниями НО и ГК для фоновых почв не выявлена ($R= - 0.34$), а для погребенных почв такая зависимость существует ($R= - 0.82$). Все вышесказанное указывает на несинхронную потерю Сорг. разными компонентами ГВ почв после их погребения и позволяет заключить, что гумус палеопочв скорее всего не сохраняет свой исходный групповой состав (не идентичен таковому дневных почв). Содержание НО в природных органо-минеральных комплексах почв, какими являются их илистые фракции, ниже по сравнению с валовыми образцами почв ($36\pm 21\%$ против $60\pm 15\%$). Обобщение данных твердофазной ^{13}C ЯМР спектроскопии, полученных для валовых образцов почв, их илистых фракций и НО показало, что последние вне зависимости от типа почвы обогащены O-алкилами и C ацетальных групп. Валовые образцы почв, напротив, содержат больше C ароматических структур и карбоксильных групп, а илистые фракции – больше C алкилов. Степень гумификации ОВ, определяемая по величине отношения алкилы/O-алкилы для НО составляет 0.45 ± 0.10 , что существенно ниже этого показателя для ОВ исходных почв (0.74 ± 0.16). Отсутствие достоверных зависимостей между содержанием в фоновых почвах НО и ГК говорит о существовании более тесных генетических взаимосвязей между НО и ГК, чем между НО и ФК. Основным носителем ОВ в ископаемых почвах палеозоя являются их илистые фракции. Изучение содержания в них НО показало, что оно находится в очень широких

пределах: 0-55% от содержания Сорг. Зависимостей между содержанием НО и ГК (ФК) не выявлено. Полагаем, что как условия захоронения, так и минеральный состав ископаемых почв оказывают влияние на то, в каком количестве и качестве выступает захороненное в них ОВ. За некоторым исключением, минимальное содержание НО отмечается при каолинитом составе ила (0 - 2.5 %). Практически идентичное современным почвам содержание НО может отмечаться при смектитовом и палыгорскитовом составе. При каолинитом составе ила большая часть ископаемого ОВ представлена С ароматических структур. При палыгорскитовом составе глин выявлена непревзойденная сохранность О-алкилов. Изучение керогена из черных глинистых сланцев нижнекарбонного возраста показало, что его доля составляет 74% от Сорг. В составе керогена доминирует углерод алкилов, содержание О-алкилов, низкое, ацетальные группы не обнаруживаются. По этим параметрам кероген сланцев принципиально отличается от НО ископаемых почв того же возраста. Полученные данные говорят в пользу сапропелевого источника ОВ в изученном керогене и восстановительных обстановках его формирования.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ С МИНЕРАЛЬНЫМИ ГОРИЗОНТАМИ ПОДЗОЛА И ИЗМЕНЕНИЕ ИХ БИОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОСЛЕ СОРБЦИИ В ГОРИЗОНТЕ ВF.

Золовкина Д.Ф., Караванова Е.И., Степанов А.А.

Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва, dasha_zolovkina@mail.ru

В условиях потепления климата, сопровождаемой потерей органического вещества почв за счет увеличения скорости его разложения и одновременно роста продукции водорастворимых органических веществ (ВОВ), поиск механизмов и регуляторов сохранения запасов гумуса представляет актуальную проблему. Установлена разная роль минеральных горизонтов подзола в трансформации и накоплении соединений органического углерода, поступающих из лесной подстилки с почвенным раствором. Горизонт Екачественно трансформирует поступающее в него ВОВ: после взаимодействия с ним в растворах увеличивается доля гидрофобных компонентов, относительное содержание подверженного минерализации углерода снижается с 33 до 16%, а скорость его минерализации - в 3 раза. Устойчивость растворенных органических веществ к биодеструкции по сравнению с исходным веществом, выделенным из подстилки, достоверно ($p < 0.05$) увеличивается. Иллювиально-железистый горизонт ВFне насыщен органическим веществом и имеет потенциал его накопления: в условиях опыта величина поглощения органического углерода составляет около 65 мг/100 г почвы, что соответствует примерно 30% от содержащегося в нем количества. Сорбция ВОВ минеральной фазой горизонта селективна. Горизонт ВF поглощает из раствора преимущественно гидрофобные, средне- и высокомолекулярные органические вещества (массой более 7000 Да). Судя по коэффициентам удельной экстинкции в ультрафиолетовой области спектра, сорбируемое ВОВ характеризуется большей степенью ароматичности в сравнении с веществами, остающимися в растворе. Дальнейшая сорбция ВОВ в горизонте ВF почвы делает его еще менее подверженным биодegradации: доля минерализуемого углерода снижается с 16 до 2%, то есть уменьшается в 8 раз. Средняя скорость минерализации сорбированного органического вещества замедляется в среднем в 16 раз. Такие различия биохимической устойчивости растворенных и сорбированных органических веществ получены при одинаковой температуре разложения (20 °C). Кроме того, если минерализация ВОВ, непосредственно выделенных из подстилки, развивалась под воздействием автохтонных микроорганизмов, то для стимулирования разложения органических веществ остальных проб оказалась необходимой дополнительная инокуляция. В природных условиях стабилизация углерода органических веществ, сорбированных в иллювиальном горизонте, может быть выражена еще сильнее с учетом более низких температур и меньшей биологической активности.

Поглощенное ВОВ может представлять основу для формирования запаса гумусовых веществ почвы при условии его биохимической устойчивости. Масштаб накопления органического углерода в горизонте ВF почвы за счет сорбции ВОВ, с учетом полученной скорости минерализации

потенциально может составлять около 6 мг/100г в год, однако данная величина будет зависеть также от концентрации органических веществ в почвенных растворах, гидрологического режима почвы, окислительно-восстановительных и других условий.

СОРБЦИЯ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ИОНОВ Cu^{2+} ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНОЙ

Изосимова Ю.Г., Гурова И.А., Толпешта И.И.

Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва, e-mail: ulashka_86@mail.ru

Введение. Благодаря хорошим сорбционным характеристикам природные бентонитовые глины широко используются в качестве сорбентов тяжелых металлов, радионуклидов, органических соединений. Для улучшения сорбционных характеристик бентониты модифицируют с использованием различных приемов, в том числе насыщением Кеггин-катионами металлов и гуминовыми кислотами (ГК). Однако, указанные выше приемы модификации, могут привести как к улучшению, так и к ухудшению сорбционной способности бентонитов. Цель исследования – выявить закономерности сорбции гуминовой кислоты и ионов Cu^{2+} бентонитовой глиной в Na-форме и модифицированной Кеггин-катионами алюминия из растворов CuCl_2 с pH 4,5.

Объекты и методы исследования В экспериментах использовали фракцию < 1 мкм бентонитовой глины Саригюхского месторождения (Республика Армения). Бентонит переводили в Na-форму (Na-бентонит), насыщали Кеггин-катионами алюминия и прокаливали при 400 °С (Al_{13} -бентонит). Раствор гуминовой кислоты (ГК) готовили из сухого препарата, произведенного на Олайнском заводе химреактивов «Биолар». Изучали сорбцию ГК изводных растворов на разных формах бентонита в зависимости от различных факторов в диапазоне концентраций $\text{C}_{\text{ГК}}$ от 0,025 до 0,5 ммоль/л. Эксперименты проводили в диапазоне значений pH от 3 до 7 и $I=0,1$ моль/л. Время взаимодействия глины и раствора ГК составляло 6 часов. Эксперименты по сорбции ионов Cu^{2+} из растворов CuCl_2 проводили с Na- и Al_{13} - бентонитом, насыщенном ГК (GKAl_{13} - бентонит) при pH 4,5 и $I=0,1$ моль/л. Время взаимодействия бентонита и раствора CuCl_2 составляло 30 мин. Минеральный состав бентонитов изучали методом XRD. pHтнз Na- и Al_{13} -бентонитов определяли потенциометрическим титрованием. Концентрацию меди в растворе определяли методом AAS.

Результаты и обсуждение. Сорбция ГК на Na-бентоните из раствора с низкой концентрацией практически не зависит от pH, а из раствора с высокой концентрацией в значительной степени уменьшается при увеличении pH. Na-бентонит сорбирует больше ГК, по сравнению с Al_{13} -бентонитом, и доля сорбированной ГК не изменяется во всем диапазоне концентраций. Сорбция ГК на базальных плоскостях может осуществляться за счет гидрофобных взаимодействий. Однако сорбция по такому механизму не зависит от pH. На базальных поверхностях монтмориллонита сосредоточен постоянный отрицательный заряд, который компенсируется ионами Na^+ . Поскольку ионы Na^+ закреплены на поверхности монтмориллонита в форме внешнесферных комплексов, то можно предположить, что при низких значениях pH возможна конкуренция протонированных функциональных групп ГК и ионов Na^+ за сорбционные места, что приводит к значительному увеличению сорбции при уменьшении pH. pH тнз Al_{13} -бентонита составляет около 4,2 единиц. При pH < 4,2 силанольные и алюмоильные группировки на боковых сколах монтмориллонита находятся в основном в протонированном состоянии и не принимают участие в сорбции ГК при низких значениях pH. Повышение pH приводит к депротонированию указанных функциональных групп и к усилению отталкивания депротонированных функциональных групп ГК от боковых поверхностей монтмориллонита. Ухудшение сорбционных характеристик Al_{13} -бентонита в отношении ГК можно объяснить тем, что значительная доля отрицательного заряда минерала компенсируется высокозарядным катионом $[\text{AlO}_4\text{Al}_{12}(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}]^{7+}$, который прочно закрепляется на поверхности бентонита и, вероятно, лишь в незначительной степени вытесняется протонированными функциональными группами ГК при уменьшении pH. Насыщение Na-бентонита Кеггин-катионами алюминия приводит к ухудшению сорбционных характеристик бентонита в отношении ионов Cu^{2+} за счет уменьшения ЕКО с 104 до 39смоль(+)/кг. Обработка Al_{13} -бентонита ГК способствует созданию дополнительных сорбционных

центров на поверхности органо-минерального комплекса, что способствует увеличению сорбции ионов Cu^{2+} .

Заключение. В условиях проведенных экспериментов Na-бентонит сорбирует больше ГК, по сравнению с Al_{13} -бентонитом и доля сорбированной ГК не изменяется во всем диапазоне концентраций. Уменьшение pH сопровождается увеличением сорбции ГК на Na-бентоните и слабо влияет на сорбцию ГК на Al_{13} -бентоните. Основным механизмом сорбции ГК на Na-бентоните являются электростатические взаимодействия на внешних базальных плоскостях, а на Al_{13} -бентоните – гидрофобные, Ван дер Ваальсовы взаимодействия и водородные связи, которые практически не зависят от pH. Обработка поверхности Al_{13} -бентонита ГК приводит к созданию дополнительных сорбционных центров. Количество сорбированных ионов Cu^{2+} и степень их извлечения из растворов ГК Al_{13} -бентонитом близки к аналогичным показателям для Na-бентонита.

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА И C/N НА СОПРЯЖЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОНЕНТОВ В ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТАХ

Квиткина А.К., Алексеева Т.В.

ФГБУН Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино,
aqvia@mail.ru

Глинистые минералы считаются одним из факторов формирования и закрепления органического вещества (ОВ) в почве. Однако процессы минерализации и гумификации растительных остатков (РО) в почве сопровождаются и процессами микробного преобразования минералов. Для большинства глинистых минералов основным путем их современного изменения в почвах гумидных регионов является трансформация слюды и иллитов в лабильные минералы и хлоритизированные структуры (Соколова, 2011). В литературе слабо освещены процессы преобразования глинистых минералов при изменении C/N разлагающихся РО. Отношение углерода к азоту – показатель качества растительного опада, поступающего в почву, используемый для моделирования процессов минерализации и гумификации ОВ микробным сообществом почв. Растительные остатки представляют собой комплексный питательный и энергетический субстрат для большинства гетеротрофных микроорганизмов, содержащий в своём составе вещества разной степени доступности, от крахмала до устойчивого лигнина, для разложения которых необходим источник азота. Легкодоступные для микроорганизмов растворимые ОВ (моносахариды, аминокислоты, органические кислоты) могут поступать в ризосферу из корней, а также при разложении свежего опада и при отмирании микробной биомассы в ходе микробных сукцессионных волн. Модельные эксперименты с искусственно подобранными субстратами подходят для изучения влияния соотношения углерода к азоту как на минерализацию отдельных компонентов РО, так и на образование и накопление нового ОВ в почве.

Целью исследования было оценить влияние величины C/N на трансформацию органического вещества и иллита в ряду повышения устойчивости к разложению: глюкоза <целлюлоза<лигнин.

Глюкозу, целлюлозу или лигнин инкубировали при 22° С (460 сут) с минеральным субстратом (песком или смесью песка с иллитом 4:1). Поступление минерального азота моделировалось в форме раствора NH_4NO_3 , соотношение C/N довели в пробах от 2 до 300. Пробы инокулировали суспензией чернозема выщелоченного (опытная станция НИИ кукурузы, Воронежская область). Эмиссию CO_2 определяли газохроматографически, состав структурных фрагментов органического вещества методом твёрдофазной ^{13}C -ЯМР-спектроскопии. Преобразование песка и иллита оценивали методами инфракрасной спектроскопии и рентген-дифрактометрии. За время эксперимента минерализовалось до CO_2 3,5% лигнина, 20-40% целлюлозы, 60-85% глюкозы. Величины оборачиваемости лабильного пула целлюлозы, глюкозы и лигнина были одного порядка (20-90 сут). Значения оборачиваемости стабильного пула составили 6-18 лет для целлюлозы и 75-170 лет для лигнина.

Влияние минерального азота на преобразование органического вещества почвы и иллита неоднозначно. Избыток азота приводил к усилению трансформации лабильного ОВ (глюкозы) до алифатических и ароматических фрагментов, при этом преобразование иллита было минимальным.

Глюкоза обладала потенциалом для стабилизации за счет иммобилизации вторичных метаболитов в микробной биомассе, возможно, в виде комплексов с глинистыми минералами. Снижение C/N до 6 при разложении глюкозы приводило к снижению содержания О-алкилов с одновременным накоплением алкилов (25%), арилов (14%) и карбоксильных групп (11%), т.е. к накоплению прогуминовых веществ. Присутствие иллита увеличивало накопление данных групп до 35, 19 и 12%, соответственно. Трансформация иллита происходила при всех концентрациях азота, максимальной она была при низких уровнях внесения азота. Преобразование иллита с глюкозой до каолинита и хлорита наблюдалось уже при C/N 6, а иллита в смеси с лигнином или с целлюлозой - при C/N 50 и 300, соответственно. Дефицит азота приводил к наиболее активному выветриванию иллита. При C/N 300 происходила максимальная трансформация иллита в каолинит и хлорит, повышалось содержание смектитовых слоев. Таким образом, C/N противоположно влиял на трансформацию органического и минерального компонентов: недостаток азота приводит к активной микробной трансформации иллита, а избыток азота приводит к усилению минерализации и гумификации органического вещества.

Работа выполнена по гранту РФФИ мол_а № 18-34-00987.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ГУМУСОВЫХ КОМПОНЕНТОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКИХ ДОЗ ДИАТОМИТА И БЕНТОНитОВОЙ ГЛИНЫ

Козлов А.В.¹, Куликова А.Х.²

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», г. Нижний Новгород, e-mail: a_v_kozlov@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», г. Ульяновск, e-mail: agroec@yandex.ru

Тема стабилизации гумусового режима почв естественных и агроландшафтов является одной из наиболее актуальных и незыблемых в части вариантов ее разрешения. Традиционно поддержание качества гумуса и его содержания в пахотных почвах решается органической системой земледелия путем научно обоснованного применения высоких доз органических удобрений, выращивания сидеральных культур, мульчирования почвы торфяными смесями и соломой, обеззараженными осадками сточных вод и также при помощи многих других приемов. В настоящее время крайне мало данных о характеристике органо-минерального взаимодействия в почвах сельскохозяйственных угодий, обработанных высокими дозами природных высококремнистых пород.

В связи с этим целью наших исследований явилось комплексное изучение гумусового состояния пахотного горизонта дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, в течение 3-х лет (2015-2017 гг.) взаимодействовавшей с высокими дозами (3, 6 и 12 т/га) диатомита Инзенского и бентонитовой глины Зырянского месторождений, на основе анализа инфракрасных спектров коллоидной фракции почвы, а также – состояния олиготрофной и автохтонной микробиологических консорциев, и оксидоредуктазной ферментативной активности. Полевые эксперименты проведены в условиях пашни ООО «Элитхоз» Борского муниципального района Нижегородской области, повторность четырехкратная. Аналитическая часть выполнена на базе научно-образовательного центра «Химия молекул и материалов» и научно-образовательного центра «Биотехнология» Мининского университета.

Коллоиды из почвы выделяли классическим методом коагуляции с помощью солевого раствора и отмыванием горячей дистиллированной водой. Далее анализ высушенной массы почвенных коллоидов проводили на ИК-Фурье-спектрометре ФСМ 2201 (ООО «Инфраспек») с использованием предметных стекол из бромида калия (KBr). Микробиологические исследования проводили традиционным чашечным методом на голодном агаре и нитритном агаре Теппер, активность ферментного комплекса полифенолоксидаз и пероксидаз – пирокатехиновым титриметрическим методом. Содержание гумуса в почве определяли по методу Тюрина.

При анализе коллоидов из почвы, обработанной диатомитом, было выявлено наличие максимумов полос поглощения опала – 1615 (ср), а в коллоидах из почвы, обработанной бентонитовой глиной – наличие максимумов по биотиту – 960 (с) и вермикулиту – 1015 (с). Нужно отметить, что на

всех вариантах исследования за исключением контрольного было установлено наличие максимумов полос поглощения силоксановых связей – 1100 (с) и в том числе циклических форм – 1020-1080 (с). На вариантах с бентонитом в условиях отдельных повторностей было установлено присутствие максимумов по Si-бензольному кольцу – 1430 (ср), а также по метильной и этильной группам – 1280 (с) и 1250 (ср) соответственно. Максимумы фосфоэфирных связей также были выявлены и на вариантах с наибольшей дозой диатомовой породы.

Установлено стабилизирующее действие пород на численность олиготрофов и ингибирующее действие на представителей автохтонной экологической ниши, а также положительное влияние на активность полифенолоксидаз в почве. За счет снижения активности пероксидаз и некоторого повышения активности полифенолоксидаз в почве выявленные взаимосвязи и полученные данные по сохраняемости специфического органического вещества (гумуса) почвы свидетельствуют о том, что диатомит и бентонитовая глина являются стабилизаторами микробного статуса почвенно-биотического комплекса в части процессов трансформации гумусовых веществ в почве.

Поскольку коллоидная часть дерново-подзолистой почвы в первую очередь представлена органическим веществом, на основе проведенной ИК-спектроскопии кремнийсодержащих компонентов и микробиологического анализа гумус-трансформирующей части микробного пула почвы нужно отметить наличие определенного взаимодействия между применяемыми природными материалами и ее органической составляющей. Кроме того, наличие слабой тенденции повышения содержания гумусовых компонентов в почве свидетельствует о прямом положительном влиянии пород на стабилизацию режима специфического органического вещества в почве.

ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОГО КРИОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Кузнецова И.А., Мироненко К.А., Орлов С.А.
ФГБУН ФИЦКИА РАН, Архангельск, kia.iepn@gmail.com

Устойчивость к биодegradации и органоминеральное взаимодействие обеспечивают стабильность органического вещества (ОВ) почв [1]. Органоминеральное взаимодействие реализуется за счёт лигандного обмена, водородных связей, гидрофобного взаимодействия и других факторов, непосредственно связанных с удельной поверхностью почвы и ее минеральным составом [1, 2, 3]. Самым лабильным является ОВ, связанное с крупными песчаными фракциями, а ОВ, связанное с тонким илом или глиной, – наиболее стабильное [4].

Длительное промерзание почв, характерное для большей части территории России, существенно изменяют различные процессы, протекающие в почвах: ионный обмен [5], миграцию почвенной влаги и растворенных в ней веществ [6], градиент физических полей в почвенном профиле [6], что не может не сказываться на протекании органо-минерального взаимодействия между ОВ и минеральной составляющей почвы.

Объектами исследования являются компоненты подзолистой почвы Онежского района Архангельской области.

По результатам модельного эксперимента с гумусовыми веществами, выделенными из органического горизонта подзолистой почвы, и различными размерными фракциями её минеральной составляющей будут представлены данные о формировании органо-минеральных структур в результате нескольких циклов замораживания-оттаивания модельных смесей.

Будут приведены данные об изменении размеров гумусовых частиц в растворах и микрофотографии образующихся агрегатов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-35-00552 «Исследование роли криогенеза при формировании состава и физико-химических свойств почв северной тайги на примере почв Онежского района Архангельской области».

Список литературы

1. Bayer C., Martin-Neto L., Mielniczuk J., Dieckow, Amado T.J.C. C and N stocks and the role of molecular recalcitrance and organomineral interaction in stabilizing soil organic matter in a subtropical Acrisol managed under no-tillage // *Geoderma*. 2006. V.133.Iss. 3–4. P.258-268. doi:/10.1016/j.geoderma.2005.07.012.
2. Saggar S., Parshotam A., Sparling G.P., Feltham C.W., Hart P.B.S. ¹⁴C-labelled rygrass turnover and residence times in soils varying in clay content and mineralogy // *Soil Biology & Biochemistry*. 1996. V. 28. P. 1677-1686.
3. Baldock J.A., Skjemstad J.O. Role of the soil matrix and minerals in protecting organic materials against biological attack // *Organic Geochemistry*. 2000. V. 31. P. 697-710.
4. Bayer C., Martin-Neto L., Mielniczuk J., Pillon C.N., Sangoi L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems // *Soil Science Society of America Journal*. 2001. V. 65. P. 1473-1478.
5. Седых В.А., Савич В.И. Агрэкологическая оценка почвообразовательных процессов. М.: ВНИИА, 2014. 400 с.
6. Соколов И.А., Конюшков Д.Е., Наумов Е.Л. и др. Почвенный криогенез // *Почвообразовательные процессы*. М.: РАСХН, 2006. С. 144–166.

МОДИФИЦИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ АДсорБИРОВАННОЙ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА АГРЕГАТИВНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ И ДИСПЕРСНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ МИНЕРАЛОВ И ПОЧВ

Курочкина Г.Н.

Федеральное Государственное бюджетное Учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской Академии наук (ИФХиБПП РАН)
142290, Россия, г. Пущино Московской области, ул. Институтская, 2
e-mail: colloid41@rambler.ru

ВВЕДЕНИЕ. Проблема взаимодействия органических веществ специфической природы с глинистыми минералами и почвами является наиболее актуальной в почвоведении. При этом формируются минералорганические матрицы, которые играют важную роль в почвообразовании и функционировании почв. Исследование механизмов агрегативной устойчивости и структуры частиц глинистых минералов и почв в процессе адсорбции органических веществ позволяют направленно регулировать водно-физические и структурные свойства почв, что является важнейшим фактором их плодородия.

Цель работы: изучение механизма адсорбции гуминовой кислоты и ее влияние на устойчивость суспензий и параметры дисперсной структуры глинистых минералов и почв.

ОБЪЕКТЫ. В качестве минеральных объектов исследования использовали природные сорбенты – глинистые минералы с различным типом структуры кристаллической решетки: монтмориллонит (Na-форма) из Пыжевского, каолинит из Глуховецкого, палыгорскит Калино-дашковского (серпуховский-московский ярусы карбона) месторождений и кварцевый песок из Вольского месторождения, у которого содержание SiO₂ составляет 95-97%. Использовали также серую лесную почву с опытной полевой станции ИФХиБПП РАН, г. Пущино Московской области и черноземную почву Тульской области. Объектом исследования была также илистая фракция серой лесной почвы и образец ее материнской породы. Органическое вещество – гуминовая кислота особо чистый немецкий препарат фирмы «Aldrich-Chemie D 7924 Stein heim» HummussaeureNatriumsalt в натриевой форме, выделенная из торфа.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Адсорбцию ГК на поверхности почв и почвенных минералов изучали колориметрическим методом в интервале концентраций от 1·10⁻³ до 1·10⁻¹ %. По сорбции паров воды рассчитывали емкость моно слоя и величину удельной поверхности, используя уравнение полимолекулярной адсорбции БЭТ. Размер частиц, индекс полидисперсности и дзета-потенциал

определяли анализатором гранулометрического состава «ZetasizerNanoZSMalver» (Англия). Определение ζ -потенциала проводили по электрофоретической подвижности частиц в дисперсионной среде (воде) с погрешностью ± 2 мВ. Расчеты ζ -потенциала производили по уравнению Генри (Henry's) в автоматическом режиме. Объемы осадка измеряли в 10%-ных суспензиях, используя градуированные пробирки объемом 25 см³. Объем пор и их распределение по размерам определяли методом ртутной порометрии на порометре фирмы «Микрометрик» с учетом цилиндрической модели пор при давлении 0,0036 – 413 МПа (Люблин, Польша).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. В данной работе установлено влияние гуминовой кислоты (ГК) на механизм формирования адсорбционных слоев и их влияние на агрегативную устойчивость и дисперсность суспензий индивидуальных почвенных минералов и почв. Установлен механизм адсорбции и образования первичных минералорганических соединений на поверхности почвенных минералов и почв. Показаны различия в морфологии поверхности, структурно-сорбционных свойствах и дисперсности исходных минеральных и органоминеральных кластерных матриц с эффектом фрактальных образований. Выявлено стабилизирующее действие ГК на почвы, сопровождающееся выделением гелеобразного осадка и процессы его самоорганизации в зависимости от времени взаимодействия и концентрации ГК. При этом модификация поверхности минералов органическими молекулами приводит к существенному изменению дифференциального объема пор и более однородному перераспределению пор по размерам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Показано, что адсорбция гуминовой кислоты на всех объектах определяется временем взаимодействия, концентрацией твердой фазы, а также свойствами минерала и типом почвы. Установлено ее влияние на агрегативную устойчивость и стабилизацию почвенных суспензий и их зависимость от концентрации гуминовой кислоты и типа почвы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-04-00924

ПРОБЛЕМЫ ГУМИФИКАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ ДЕЛЬТЫ Р. ЛЕНЫ

Поляков В. И.

*Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
биологический факультет, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: slavon6985@gmail.com*

Территория дельты реки Лены обусловлена влиянию группы почвообразующих процессов, включающих в себя поемно-аллювиальные процессы и зональный процесс – криогенез. Короткий вегетационный период и суровые климатические условия определяют наличие многолетнемерзлых пород (ММП) и типичной тундровой растительности. Влияние поемно-аллювиального процесса, затопление поймы полыми водами и привнос в почву биогенных элементов дают предпосылки к образованию высокомолекулярных соединений гуминовых кислот.

Был проведен анализ ¹³C-ЯМР и ЭПР спектроскопии, позволивший определить основные функциональные группы и фрагменты гумусовых веществ (ГВ). Объектом исследования являлись почвы дельты реки Лены подбуры, серогумусовая, криозем и торфяная. Анализ проводился по стандартной методике определения ГВ в почве. Группы структурных фрагментов идентифицировались по величине химического сдвига.

Содержание молекулярных фрагментов гуминовых кислот почв по данным ¹³C-ЯМР спектроскопии способствует пониманию фундаментальных процессов гумусообразования и состава природных высокомолекулярных соединений ГВ в почвах подверженных влиянию криогенеза. Согласно данному исследованию, в почвах дельты реки Лены накапливается существенное количество ароматических фрагментов ГВ. Для почв, которые в меньшей степени подвержены влиянию криогенеза (подбуры, серогумусовая и торфяная), характерен подзолистый тип почвообразования с накоплением ароматических соединений (сложные эфиры, хиноны, амиды). Развитие криоземов в дельте проходит по криогенному типу почвообразования с накоплением длинных алифатических цепей (жирные кислоты, кутины, фосфолипиды). В них преобладают

кислородосодержащие фрагменты, обуславливающие их высокую миграционную способность. Накопление доли ароматических соединений свидетельствует о том, что в почвах происходят активные процессы гумификации органического вещества.

Элементный состав гумусовых веществ является важнейшим показателем, определяющим качество уровня гумификации, окисленности и степени конденсированности ГВ. Анализ показал что почвы развивающиеся по подзолисту типу почвообразования (подбуры, серогумусовая и торфяная) наиболее гумифицированы, что отражается в низком отношении Н/С (0,1) и высоком О/С (1,03). В свою очередь для криозема характерны следующие распределения Н/С (0,12) и О/С (0,61). Данное распределение может свидетельствовать о том, что ГВ криоземов обладают высокой миграционной способностью и в них преобладают кислородосодержащие функциональные группы. Увеличение показателя Н/С связано с увеличением степени гидроморфизма криогенных почв дельты и уменьшением активности микробиоты и способствует депонированию органических веществ (ОВ). Низкое отношение Н/С обусловлено накоплением в почве ароматических фрагментов ГВ и соответственно высокой степени гумификации ОВ и его стабилизации.

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СЛОЯХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Сыпалов С.А., Соболев Н.А., Иванченко Н.Л., Кожевников А.Ю., Боголицын К.Г.
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, ЦКП НО «Арктика»,
г. Архангельск
e-mail: s.sipalov@narfu.ru

Торф - осадочная рыхлая порода, образующаяся в результате скопления не полностью разложившихся в условиях болот остатков растений (в основном сфагнума). Торф обладает высокими сорбционными свойствами, которые обусловлены большой удельной поверхностью торфа и большим количеством функциональных групп, содержащихся в компонентах торфа (битумы, гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумин), которые выделяют последовательными экстракциями. Различные компоненты содержат разное количество функциональных групп, в силу чего они обладают разной сорбционной способностью [1]. Компонентный состав торфа варьируется в зависимости от глубины его залегания и, как следствие способностью по отношению к тяжелым металлам варьируется с глубиной [2].

Цель работы заключается в изучении компонентного состава торфа, распределении металлов в четырёх фракциях торфа относительно глубины его залегания в верховых болотах.

В качестве объекта исследования использован торф, отобранный с различных глубин – профилей Иласского болотного массива (Архангельская область). В ходе работ проанализированы четыре профиля: очёс и торф с глубиной 0-5 см, 5-35 см и 85-145 см. Торф разделен последовательными экстракциями на 4 компонента: битумы, гумин, гуминовые и фульвокислоты. Экстракция производилась согласно работе[3]. Определено процентное соотношение каждой фракции во всех отобранных слоях торфа. Показано, что с увеличением глубины профиля торфа, наблюдалось уменьшение содержания гумина и увеличение доли гуминовых веществ Рисунок 1.

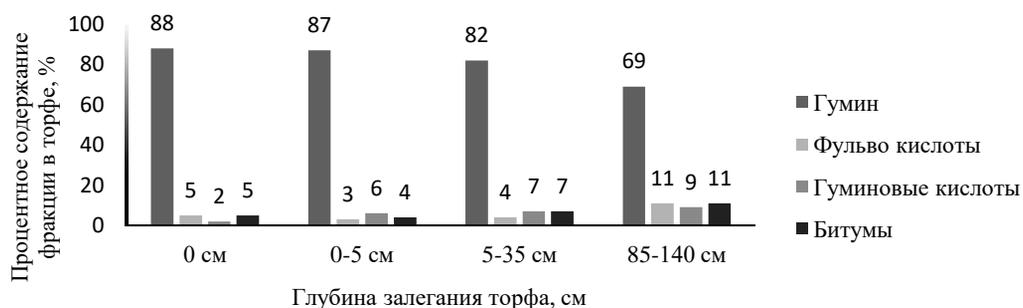


Рисунок 1. Зависимость содержания компонентов торфа от глубины залегания

Пробы торфа и его фракций разлагали азотной кислотой с применением автоклавной микроволновой системы подготовки проб TopWave (AnalytikJena, Германия). Содержание элементов (Fe, Cu, Ni, Pb, As и Mn) определяли в каждой фракции торфаметодом ИСП-МС на спектрометре AuroraElite (Bruker, Германия). В результате работы выявлено, что гумин имеет самую низкую способность к накопления исследуемых металлов относительно других компонентов торфа. Битумная часть торфа практически не имеет способности к накопления исследуемых элементов, кроме мышьяка. Во всех четырех профилях торфа, битумы имеют сопоставимое значение процентного содержания мышьяка. Способность гуминовых кислот накапливать металлы увеличивается с глубиной залегания торфа, это наиболее выражено для As и Mn. Накопление элементов в фульвокислотах с глубиной, так же увеличивается для всех элементов, кроме мышьяка.

Список использованных источников

1. Prashob P.K.J., Nair S.M. Genesis of structural features of humic acids from the sediments of a high productive coastal zone // *Geochem. J.* 2014. Vol. 48, № 3. P. 247–258.
2. Qin F. et al. Mechanisms of competitive adsorption of Pb, Cu, and Cd on peat // *Environ. Pollut.* 2006. Vol. 144, № 2. P. 669–680.
3. Lowe L.E. Studies on the nature of sulphur in peat humic acids from the Fraser River Delta, British Columbia // *Sci. Total Environ.* 1992.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ Север проект № 17-43-290020 p_a

ТРАНСФОРМАЦИЯ БИОТИТА В ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Толпешта И.И., Соколова Т.А., Воробьева А.А. Изосимова Ю.Г.

Факультет почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва, e-mail: sokolt651@mail.ru

Введение. В подзолистых почвах, биотит растворяется или трансформируется в слюда-вермикулиты или слюда-сметкиты, вермикулит, сметкит, бейделлит, HIV, HIS. Растворение и трансформация биотита происходят при воздействии на минерал протонов и анионов высоко- и низкомолекулярных органических кислот, поэтому наиболее интенсивно указанные процессы протекают в верхних органо-минеральных горизонтах почв. Химическое выветривание минералов усиливается в присутствии корней растений и ассоциированного с ними микробного сообщества.

Цель работы: оценить трансформационные изменения биотита в результате 2-х летнего пребывания в горизонте АЕЛ подзолистой почвы в условиях современного педогенеза.

Объекты и методы. Биотит (фракция < 1 мкм) упаковывали в контейнеры, сделанные из различных материалов. Через нетканое синтетическое полотно проникают тонкие корни растений, гифы грибов, бактерии и почвенный раствор. Нейлоновая сетка с диаметром пор 45 мкм способна пропускать грибные гифы, бактерии и почвенный раствор. Через мембрану с диаметром пор 0,45 мкм проникает почвенный раствор, возможно бактерии и споры бактерий. Исследования проводили на территории ЦЛГБЗ (Тверская обл.). Контейнеры с биотитом помещали в горизонт АЕЛ подзолистой почвы под елью обыкновенной 7-летнего возраста. Через 2 года контейнеры извлекли из почвы, определили в них содержание обменных катионов и проанализировали методом XRD. Эксперимент проведен в 5-и кратной повторности. Моделирование рентгеновских спектров проводили в программе SYBILLA© Chevron.

Результаты. Исходный биотит с ошибкой около 10 % описывается моделью, в которой на элементарную ячейку приходится 1,34 атома межслоевого К, 0,66, 5,28 и 0,06 атомов Fe, Mg и Al в октаэдрах соответственно. Кристаллиты исходного биотита с вероятностью 95% состоят из 20 биотитовых слоев.

Во время пребывания в почве с биотитом произошли трансформационные изменения, направление и глубина которых оказались различными в разных вариантах опыта. При воздействии на биотит корней растений, гиф грибов и почвенного раствора совместно среди продуктов

трансформации обнаружены вермикулит, смешанослойные минералы и почвенный хлорит (НІV). Из результатов моделирования, проведенного для одного из образцов опыта с нетканым синтетическим волокном следует, что смешанослойные минералы представлены неупорядоченным биотит-вермикулитом, в котором содержится 60% вермикулитовых слоев, неупорядоченными трехслойными структурами, в состав которых входят биотит (84 %), вермикулит (10%) и НІV (6 %), вермикулитом и НІV. В результате трансформации, в тест-образце осталось 7 % биотита и образовалось 2 % вермикулита, 2 % почвенного хлорита, 6% биотита-вермикулита и 83% биотита-вермикулита-почвенного хлорита. За время пребывания в почве количество слоев в кристаллитах биотита уменьшилось до 18. В продуктах трансформации биотита содержится от 8 до 10 слоев. В результате трансформации биотита происходит потеря межслоевого калия и октаэдрических Fe и Mg до 0,6 и 5,0 атомов на элементарную ячейку соответственно.

Аналогичные изменения произошли с биотитом, на который оказывали воздействие гифы грибов и почвенный раствор. Однако процесс хлоритизации в этом варианте опыта происходит не так интенсивно, как в описанном выше. Биотит, изолированный от воздействия корней ели и грибных гиф в процессе 2-летнего пребывания в почве трансформировался, но в меньшей степени, чем в двух других вариантах опыта. Трансформационные изменения биотита сопровождаются увеличением суммы обменных оснований и появлением в некоторых вариантах опыта обменного алюминия.

Заключение. В результате органоминеральных взаимодействий в период 2-летнего пребывания в горизонте АЕL подзолистой почвы биотит трансформировался в вермикулит, смешанослойные биотит-вермикулит, биотит-вермикулит-почвенный хлорит и почвенный хлорит. Наиболее интенсивно вермикулитизация происходит при воздействии на биотит гиф грибов, в меньшей степени тонких корней растений. Незначительная трансформация отмечена при контакте биотита только с почвенным раствором. Образование лабильных структур из биотита сопровождается выносом межслоевого К как за счет растворения, так и в результате обмена на Mg, мобилизованный из октаэдров, выносом октаэдрического Fe, увеличением суммы обменных катионов, появлением в обменной форме алюминия.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 17-0400374

Секция 4. Экосистемные функции органического вещества почв

РОЛЬ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В СТАБИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ПРИМЕРЕ ХРОНОСЕРИЙ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Е.В. Абакумов
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
E_abakumov@mail.ru

Дискуссия о природе гуминовых веществ не прекращается и становится все более острой в последние годы, что связано с появлением концепции о континуальности органического вещества, которая критикует саму концепцию гуминовых веществ и гумификации. Система органического вещества почв действительно является континуальной и состоит из множества фракций, прекурсоров гумификации, конечных продуктов гумификации и свежих органических остатков. В данном докладе приводятся примеры становления системы органического вещества почв разновозрастных трансгрессионных береговых валов в Южном Приладожье (от 100 до 1500 лет) и на разновозрастных отвалах песчаного карьера в Ленинградской области (от 0 до 70 лет). Изучены дерновые слаборазвитые почвы без признаков оподзоливания, элювоземы и эмбриоподзолы более поздних стадий, а также подзолы различных стадий экогенетических сукцессий в одном эволюционном ряду. Установлено, что развитие почв в процессе экогенеза сопровождается дифференциацией органофильей, структурный состав гуминовых кислот по данным спектроскопии ¹³C ЯМР изменяется как во времени, так в масштабе почвенного профиля. Со временем увеличивается степень ароматичности гуминовых веществ. В пределах почвенных профилей с признаками элювиально-иллювиальной дифференциации происходит четкая дифференциация гуминовых веществ: наименьшее количество ароматических фрагментов характерно для гуминовых кислот подзолистых горизонтов, наименьшее количество алкильных групп характерно для гуминовых веществ, изолированных из иллювиальных горизонтов. Это свидетельствует о том, что гуминовые кислоты не артефакт экстракции, а функциональный агент процесса почвообразования, которое в широком смысле, как неоднократно указывала В.В. Пономарева, является синонимом почвообразования. Гуминовые вещества оказывают важнейшие экосистемные услуги. К ним относятся: стабилизация вновь обнаженных субстратов и формирование органо-минеральных биокосных тел – почв, дифференцированных на своеобразные экологические ниши – почвенные горизонты. В случае подзолов гуминовые вещества каждого горизонта специфичны на функциональном и структурном уровнях. Все это свидетельствует о том, что в гумификация является конечным процессом стабилизации органического вещества, что наиболее рельефно заметно при использовании таких эволюционных моделей почвообразования как хроносери.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 17-16-01030

ДИНАМИКА МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА (ОВ) НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ ХМАО И ИХ ФОНОВЫХ АНАЛОГОВ В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Арзамасова А.В., Кинжаев Р.Р., Трофимов С.Я., Хамутовская А.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

На территории ХМАО-Югры проблема загрязнения окружающей среды нефтью по-прежнему остается крайне актуальной. Попадая в почву, нефть оказывает очень сильное и многоплановое воздействие практически на все происходящие в почве процессы, в том числе и на минерализацию органического вещества почв. Кроме того, компоненты нефти сами подвергаются минерализации как

нативными почвенными микроорганизмами, так и теми, которые вносятся в почву в составе биопрепаратов-нефтедеструкторов, используемых в биологической рекультивации нефтезагрязненных (НЗ) почв. Поэтому активность эмиссии CO_2 из НЗ почвы может служить важным показателем интенсивности происходящих в ней процессов самоочищения. Однако, вследствие невозможности отдельного определения интенсивности минерализации нативного и нефтяного ОВ, необходимо получить данные по интенсивности минерализации органического вещества как НЗ почв (преимущественно торфяных верховых (олиготрофных), а также торфяной низинной (эвтрофной), аллювиальной болотной, глеезема оторфованного), так и их фоновых аналогов. Для этого была проведена серия лабораторных опытов длительностью 42-50 дней, в которых образцы верхних горизонтов нефтезагрязненных почв (как рекультивируемых, так и самозарастающих) и их фоновых аналогов инкубировались при комнатной температуре и оптимальной влажности в герметичных сосудах с установленными в них стаканчиками с щелочью для улавливания CO_2 , которые периодически заменялись и оттитровывались. Кроме того, в одном из экспериментов оценивалось влияние применения агрохимических средств (внесения удобрений и гашеной извести) на эмиссию CO_2 из нефтезагрязненных торфяной олиготрофной и торфяной эвтрофной почв.

Практически во всех НЗ образцах (содержание нефтепродуктов (НП) варьировало в диапазоне 13-75%) эмиссия CO_2 была ниже, чем в фоновых аналогах (за исключением аллювиальной болотной почвы), при этом величина эмиссии отрицательно коррелировала ($K = -0,6$) с содержанием нефтепродуктов, т.е. нефтяное загрязнение, по-видимому, практически полностью ингибировало минерализацию нативного ОВ за счет образования нефтяной пленки на поверхности частиц. При этом минерализация компонентов нефти происходила с меньшей скоростью, чем минерализация нативного ОВ, по-видимому, вследствие очень высокой концентрации НП. Подтверждением тому, что в НЗ образцах эмиссия CO_2 происходит преимущественно вследствие минерализации компонентов нефти, является снижение содержания НП за время проведения эксперимента, снижение содержания ряда индивидуальных углеводородов, значительное возрастание коэффициента биodeградации (отношение суммы изоалканов пристана и фитана к сумме n-алканов C17 и C18). Образцы, отобранные с участков, на которых проводились рекультивационные мероприятия (внесение доломитовой муки, аммиачной селитры, азофоски, биопрепарата-нефтедеструктора, гумата натрия) показывали более активную эмиссию CO_2 , чем образцы с участков, не подвергавшихся рекультивации. В эксперименте по оценке влияния применения агрохимических средств установлено, что для достижения максимальной эмиссии углекислого газа в нефтезагрязненной олиготрофной почве при применении удобрений необходимо известкование по полной гидролитической кислотности (Нг), а в эвтрофной торфяной для этого достаточно нейтрализации половины Нг. Внесение удобрений в олиготрофную торфяную почву без предварительной нейтрализации кислотности не оказало существенного влияния на интенсивность эмиссии CO_2 , а в эвтрофной торфяной почве увеличило интенсивность почвенного «дыхания» на 45 %.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПОСЛЕ ИЗМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Баева Ю.И.

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (RUDN University), г. Москва,
baeva_yui@rudn.university

Процесс зарастания выведенных их сельскохозяйственного использования земель идет в направлении формирования зональных типов экосистем. При этом смена растительных сообществ неизбежно ведет к закономерному изменению морфогенетических характеристик почв, их физических, химических и микробиологических свойств. Несмотря на то, что почвенные микробные сообщества весьма чутко реагируют на любые изменения природной среды, как естественные, так и антропогенные, динамика микробиологических свойств почв в ходе постагрогенной эволюции изучена слабо.

В рамках настоящего исследования проведен анализ изменения микробиологической активности серых лесных почв после смены системы землепользования. В качестве объекта исследования был выбран залежный хроноряд, заложенный на бывших пахотных землях Опытной-полевой станции Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН и включающий: паровое поле, залежи 9, 13, 22 и 37-летнего возраста, а также вторичный лиственный лес 65-летнего возраста, являющийся конечной стадией изучаемого сукцессионного ряда.

Исследования проводились на базе лаборатории почвенных циклов азота и углерода Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН в г. Пушкино. Пробы отбирались методом конверта из четырех почвенных слоев (0-5 см, 5-10 см, 10-20 см и 20-30 см). Микробиологическую (дыхательную) активность почв (V_{basal}) измеряли в лабораторных условиях по интенсивности выделения CO_2 из почвы при увлажнении, соответствующем 65–70% от ППВ, и температуре 22–24°C в 4-кратной повторности. Содержание углерода микробной биомассы (C_{mic}) определяли методом субстратиндуцированного дыхания – по скорости эмиссии CO_2 после обогащения почвы питательным субстратом. Метаболический коэффициент $q\text{CO}_2$ рассчитывали как соотношение скоростей выделения CO_2 из необогащенной почвы и почвы, в которую вносили избыток глюкозы.

По результатам проведенных исследований были выявлены следующие закономерности:

1. Максимальные значения дыхательной активности отмечались в слое 0-5 см и постепенно снижались с глубиной во всех исследуемых почвах хроноряда.
2. Во всех изученных слоях наблюдалось увеличение скорости базального дыхания в ряду *пашня - залежи - лес*. Так, дыхательная активность почв под 65-тилетним лесом превосходила дыхательную активность пашни в 3,2 раза. При этом наиболее четкая зависимость от возраста забрасывания прослеживалась в верхнем 10-см слое.
3. Содержание углерода, иммобилизованного в микробной биомассе, наиболее заметно откликлось на изменения в системе землепользования в верхнем слое (0-5 см). Органическое вещество нижних слоев, наоборот, обладало большей устойчивостью к разложению (в 1,0-2,5 раза). Кроме того значения данного показателя возрастали с увеличением возраста залежей с 47,8 мг С/кг почвы на пашне до 63,0 мг С/кг почвы под лесом.
4. Величина метаболического коэффициента $q\text{CO}_2$ в верхнем 5-ти см слое варьировала от 0,14 на пашне до 0,33 в почвах под лесом и увеличивалась с глубиной во всех изученных точках хроноряда. Подобные значения $q\text{CO}_2$ свидетельствовали о снижении количества доступных для микробных сообществ питательных веществ с глубиной, а также по мере увеличения возраста забрасывания.

Таким образом, после изменения системы землепользования и перевода пахотных земель в залежное состояние вступает в силу сложный процесс восстановления естественной растительности и почвенного плодородия. При этом наряду с изменением общих, физических и химических свойств, наблюдается восстановление микробиологических свойств и экофизиологических показателей состояния микробных сообществ бывших пахотных серых лесных почв в направлении естественного почвенного покрова, характерного для данной природно-климатической зоны.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК КАК ОСНОВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Богатырев Л. Г., Земсков Ф. И., Бенедиктова А. И.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, факультет почвоведения,
bogatyrev.l.g@yandex.ru

Классификация лесных подстилок — необходимое условие для последовательного изучения гумуса почв. Не случайно подстилки входят составной частью в показатели гумусного состояния почв по Д. С. Орлову и Л. А. Гришиной. Кроме характера гумуса, подстилки определяют и многие другие аспекты химического состояния почв, в том числе кислотность, характер обменных оснований и т.д. Максимально это проявляется в том случае, когда подстилка и гумусовые горизонты являются едиными в ходе эволюционного развития лесного биогеоценоза. Разработанная морфогенетическая классификация подстилок хорошо описывает различные варианты их возможного участия в формировании протогуминовых соединений. Установленная инвариантность строения подстилок, формирующихся в различных гидротермических условиях, показывает, что далеко не всегда типы подстилок обуславливают однотипность формирования гумусового профиля почв. Такое формальное несовпадение подчёркивает самостоятельность подстилок как отдельных биогеоценотических тел природы. По крайней мере, это положение может быть сформулировано следующим образом: однотипность строения подстилки априори еще не означает однотипного строения органопротилей почв. Так, например, деструктивные подстилки, не имеющие системы классически сопряжённых горизонтов O1—O2—O3, и представляющие собой недифференцированный опад прошлых лет и развивающиеся в широком диапазоне гидротермических условий— от северо-таежных экосистем до лесостепных, могут демонстрировать совершенно различные типы органопротилей. В определённой мере это касается и ферментативных подстилок. Гумифицированные подстилки, имеющие классическое строение O1—O2—O3, также инвариантны и могут развиваться при наличии и отсутствии гумусового горизонта. Приотсутствии последнего подстилки в максимальной степени детерминируют характер органических соединений, мигрирующих в профиле почв. Сочетание типа гумифицированных подстилок и гумусовых горизонтов представляет собой более сложную систему, при которой гумусовые горизонты являются продолжением гумифицированных горизонтов подстилки, что не исключает рассмотрения последних как основных источников специфики органического вещества, сосредоточенного в гумусовых горизонтах. В определённой степени гумифицированные горизонты выступают первыми биогеохимическими барьерами на пути следования поступающих поллютантов, несколько снижая влияние на гумусовые горизонты. Гумусовые горизонты могут быть унаследованы от прошлых этапов развития лесных экосистем и генетически не быть связанными с современными подстилками, обуславливая разновозрастность этих компонентов лесного БГЦ. Такая ситуация вполне вероятна на вырубках, а также для лесных экосистем, прошедших стадию пирогенеза. Очевидно, при исследовании характера формирующихся гуминовых веществ и мониторинге окружающей среды в целях репрезентативного сравнения следует выбирать однотипные по типологии подстилки. В географическом отношении наилучшую информацию о влиянии гидротермических условий можно получить при однотипности, по крайней мере, трех компонентов, участвующих в формировании подстилок. Среди них: однотипность материнской породы, однотипность исходного материала, участвующего в формировании подстилок и однотипность условий разложения. Таким условиям соответствуют песчаные отложения в сочетании с сосновыми экосистемами, в пределах которых исследуются исключительно мертвопокровные участки, в которых роль наземной растительности сведена к минимуму, а однотипность поступающего материала — хвойный опад и ветки, сведена к максимуму. Соблюдение этих условий в максимальной степени соответствует принципу монофакторности по И. А. Соколову. Дополнительно отметим, что обсуждение данных по запасам органического вещества, сосредоточенного в подстилках, без приведения типологии подстилок следует считать в корне неверным, так как может привести к неправильной трактовке полученных данных.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА НА ТРАНСФОРМАЦИЮ И МИГРАЦИЮ ПЕСТИЦИДОВ В ПОЧВАХ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ О. БАЛИ

Гасанов М.Э., Стрелецкий Р.А.
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
E-mail: gasanov.mikchail@gmail.com

Необходимость интенсификации земледелия в густонаселённых районах Юго-Восточной Азии приводит к активному использованию удобрений и пестицидов. При борьбе с вредителями риса широкое распространение получили инсектициды неоникотиноидного типа [1]. Одним из возможных путей снижения негативного влияния различных ядохимикатов является применение гуминовых препаратов, представляющих собой аналоги природных биополимеров. Известно, что гуминовые вещества (ГВ) влияют на поведение различных органических загрязняющих веществ в окружающей среде. ГВ способны связывать различные токсиканты, изменяя их миграционную способность, а также оказывать биостимулирующий эффект на микробное сообщество почвы, ускоряя процесс разложения органических поллютантов [2].

Целью нашей работы было оценить влияние гуминового препарата «Лигногумат» на трансформацию и миграцию пестицидов в почвах. Объектом исследования являлись широко используемые на острове Бали препараты на основе неоникотиноидных инсектицидов: тиаметоксам и имидаклоприд, а также фипронил. В ходе модельного эксперимента почвенные образцы с внесенными инсектицидами и гуминовым препаратом инкубировались в течение 14 суток при температуре 25°C. Гуминовый препарат вносился в виде раствора с концентрацией 0,25% (5 мл на 25 г почвы). В ходе эксперимента измерялись показатели микробного состояния почвы (базальное дыхание, азотфиксация, метанообразование).

После инкубации определяли содержание пестицидов в почве. Метод определения пестицидов в почве основан на экстракции ацетонитрилом и последующем определении на хромато-масс-спектрометре (HPLC-Q-TOF).

Рассмотрение полученных результатов показывает увеличение метанообразования в почве на 7 сутки, что можно связать со значительным количеством метаногенных бактерий в затопляемых рисовых чеках. В результате эксперимента через 14 суток было выявлено снижение содержания имидаклоприда в варианте с внесением гуминовых веществ на 30%. Снижение детектируемого пестицида в почве может быть связано со специфическим влиянием гуминового препарата на определенные группы микроорганизмов. Мы сделали предположение об изменении сорбционных свойств почвенной матрицы из-за внесения гуминового препарата.

ПОЧВЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ РАЗНООБРАЗИЯ И МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ

Лаптева Е.М., Виноградова Ю.А., Шамрикова Е.В., Ковалева В.А., Перминова Е.М., Каверин Д.А.,
Пастухов А.В.
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, lapteva@ib.komisc.ru

Почвы Арктики и Субарктики представляют особый интерес с позиций оценки специфики их формирования и исследования особенностей функционирования в них почвенной биоты. Экстремальные условия почвообразования (низкие температуры, наличие вечной мерзлоты, избыточное увлажнение деятельного слоя почв) определяют низкую скорость гумификации и минерализации и низкое разнообразие микроорганизмов, принимающих участие в этих процессах. Цель данной работы заключалась в выявлении закономерностей изменения состава и разнообразия микробных сообществ в торфяных почвах плоскобугристых болот лесотундры и их взаимосвязи с

особенностями качественного и количественного состава почвенного органического вещества (ПОВ) в пределах деятельного слоя торфяных почв и подстилающих многолетнемерзлых пород (ММП).

Объектами исследования послужили почвы торфяных бугров плоскобугристых болот, расположенных в северо-западной ($67^{\circ}39'$ с.ш.; $53^{\circ}23'$ в.д.) и юго-восточной ($67^{\circ}03'$ с. ш.; $62^{\circ}55'$ в. д.) части Большеземельской тундры (БЗТ). Первый болотный массив приурочен к надпойменной террасе долины нижнего течения р. Печора (Ненецкий автономный округ), второй – к бассейну р. Сейда, являющейся притоком второго порядка р Печора в ее среднем течении (Республика Коми). Для изучения ПОВ использовали классические и современные инструментальные методы исследования качественного и количественного состава ПОВ, включая состав водорастворимых органических соединений (ВОС). Оценку почвенных микробных сообществ проводили на основе характеристики их функционального разнообразия методом мультисубстратного тестирования, соотношения живых и мертвых клеток бактерий, живого и мертвого мицелия грибов, таксономического состава микромицетов в сезонно-талых (СТС) и многолетнемерзлых (ММП) слоях торфа.

Анализ состава ПОВ в различных слоях торфа, рассмотренных в пределах торфяных бугров, свидетельствует о его разнокачественности, обусловленной как различиями в ботаническом составе торфа, так и спецификой формирования торфяной залежи в голоцене и ее трансформации в условиях современных климатических трендов. Параметры гумусного состояния (величина Сгк/Сфк, соотношение фракций гуминовых и фульвокислот, содержание углерода ВОС), а также содержание и состав низкомолекулярных органических соединений (кислот, углеводов и спиртов) достаточно четко маркируют условия формирования СТС и ММП в почвах бугристых торфяников БЗТ. В рассматриваемом регионе для торфяных отложений мерзлых бугристых болот лесотундры характерно резкое преобладание ГК над ФК (соотношение Сгк/Сфк > 2), а в составе группы гуминовых кислот – фракции ГК-3. Содержание углерода (ТС) и азота (ТН) водорастворимых органических соединений закономерно меняется в пределах профиля торфяной залежи. Максимум их содержания (соответственно 5600 и 140 мг/кг, что составляет 2.0 и 1.6% от общего содержания углерода и азота почвы) приходится на верхнюю, наиболее прогреваемую в летний период, часть СТС. В переходной части профиля (в зоне залегания верхней границы мерзлоты) наблюдается снижение этих показателей с их последующим возрастанием до 0.8% (доля ТС от Собщ.) и 1.2% (доля ТН от Нобщ.) в слоях ММП, не подвергающихся ежегодным процессам промерзания-оттаивания. В соответствии с изменением качественных и количественных показателей состава ПОВ в системе СТС-ММП торфяной залежи и качественного состава в них ВОС наблюдается профильное изменение параметров, характеризующих состояние и функционирование микробных сообществ. В верхней части СТС основной вклад в структуру биомассы прокариот вносят бактериальные клетки с неповрежденной мембраной (58-84% от общего числа клеток). Здесь же отмечено максимальное видовое разнообразие микроскопических грибов (38 видов) при сравнительно невысокой численности их спор (65-84 млн кл./г) и длине мицелия (96-134 м/г). В надмерзлотных горизонтах и в верхних слоях ММП преобладают бактериальные клетки с поврежденной клеточной мембраной (56-66%) при сохранении достаточно высокого количества спор микромицетов (61-279 млн кл./г) и длине их мицелия (312-384 м/г). Присутствие в ММП бактериальных клеток с неповрежденной мембраной (34-44% общего числа бактерий), а также жизнеспособных спор и фрагментов грибного мицелия, определяет высокую метаболическую активность микробных сообществ, сопоставимую с таковой в верхних слоях СТС.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта УрО РАН №18-9-4-40.

ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ В ХОДЕ ПОСТАГРОГЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Овсепян Л.А.¹, Курганова И.Н.¹, Лопес де Гереню В.О.¹, Русаков А.В.².

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино

²Институт наук о земле. Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
lill.ovsepyan@gmail.com

Постагrogenная эволюция бывших пахотных почв сопровождается восстановлением многолетней растительности, увеличением запасов органического вещества почв за счет поступления свежего растительного опада и изменением его состава (Рыжова и др., 2015; Артемьева, 2017). Цель работы заключалась в оценке влияния процессов постагrogenного развития на соотношении различных фракций в составе органического вещества (ОВ) почв.

Исследование почв проводилось в залежных хронорядках, расположенных на темно-серой лесной почве (Белгородская область, заказник «Лес на Ворскле») и черноземе типичном (Курская область, заповедник «Стрелецкая степь») и включающих пашню, залежи разного возраста и естественный ценоз. Почвенные образцы отбирались методом конверта из 5 точек на глубинах 0-5 и 5-10 см. Содержание органического углерода ($C_{орг}$) и общего азота ($N_{общ}$) определяли на автоматическом элементном CHNS-анализаторе (Лесо, США). Содержание углерода различных фракций определяли методом денсиметрического фракционирования в тяжелой жидкости (поливольфрамат натрия), выделяя свободную фракцию (fPOM) плотностью ниже $1,6 \text{ г см}^{-3}$, окклюдированную фракцию (oPOM) плотностью $1,6-2,0 \text{ г см}^{-3}$ и органоминеральную фракцию (mineral-SOM) плотностью выше $2,0 \text{ г см}^{-3}$ (Johnetal., 2005).

Наиболее заметные постагrogenные изменения почвенных свойств выявлены в верхнем 0-5 см. Залежная сукцессия как на темно-серой лесной почве, так и на черноземе типичном сопровождалась увеличением содержания $C_{орг}$ и $N_{общ}$ в этом почвенном слое более, чем в 2 раза. Накопление свежего ОВ происходило преимущественно в легких фракциях ($<2,0 \text{ г см}^{-3}$), поскольку они наиболее чувствительны к изменению типа растительности и условий возделывания культур. В хроноряду на темно-серой лесной почве содержание углерода fPOM увеличилось более, чем в 2 раза, не достигая значений в почве под естественным ценозом. Содержание углерода oPOM увеличилось более, чем в 1,5 раза и также не достигло значений, характерных для целинной почвы. В хроноряду на черноземе типичном содержание углерода fPOM увеличилось более, чем в 6 раз, превысив содержание в почве естественного ценоза, а содержание углерода oPOM увеличилось более, чем в 1,5 раза, не достигая уровня целинной почвы. Более низкое содержание $C_{орг}$ легких фракций в постагrogenных почвах по сравнению с их естественным аналогом указывает на то, что баланс между поступлением ОВ и его потерями в процессе минерализации еще не достигнут. Увеличение доли лёгких фракций с 0,17-0,32 до 0,31-0,39 в ходе постагrogenной эволюции положительно сказывается на водно-физических свойствах почвы и способствует повышению плодородия.

Таким образом, постагrogenное восстановление разных типов почв одной биоклиматической зоны сопровождалось сходными трендами изменения качества органического вещества, выражающемся в преимущественном увеличении доли легких фракций в общем пуле углерода. Интенсивность накопления углерода легких фракций в степном ценозе была выше, чем в лесном, что может быть обусловлено как различиями в химическом составе растительного опада, так и генетическими особенностями исследуемых почв.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ 18-04-00773а

Список литературы:

Артемьева З.С. Некоторые особенности динамики качественного состава органического вещества дерново-подзолистых почв в период зарастания пашни лесом // Проблемы региональной экологии. – 2017. – № 2. – С. 54-59.

Рыжова И.М., Ерохова А.А., Подвезенная М.А. Изменение запасов углерода в постагrogenных экосистемах в результате естественного восстановления лесов Костромской области // Лесоведение. – 2015. – № 4. – С. 307-317.

John, B., Yamashita, T., Ludwig, B., Flessa H. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use // *Geoderma*. – 2005. № – 128. – С. 63-79.

КАЧЕСТВЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ ПОЧВА - РАСТИТЕЛЬНОСТЬ НА ОСНОВЕ МИНИМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ КРУГОВОРОТА УГЛЕРОДА

Рыжова И.М.

Московский Государственный Университет им.М.В.Ломоносова, Москва, iryzhova@mail.ru

Одним из наиболее эффективных инструментов изучения динамики экосистем являются математические модели биогеохимических циклов, отражающие нелинейные обратные связи между их компонентами, которые определяют устойчивость и гибкую реакцию экосистем на изменения окружающей среды. В этой связи особый интерес представляют модели круговорота углерода, описывающие нелинейные взаимодействия в системе почва-растительность. В процессе формирования экосистемы с ростом продуктивности фитоценоза увеличивается количество поступающих в почву растительных остатков, служащих источником почвенного органического вещества, которое, в свою очередь, оптимизирует среду обитания растений (водно-воздушный и питательный режимы и др.) и способствует росту продуктивности фитоценоза. Но если содержание органического вещества в почве превысит оптимальное значение, то его избыток может привести к ухудшению условий, угнетению роста растений и снижению продуктивности.

Мы провели качественное исследование динамики системы почва-растительность в зависимости от выбора вида функции, описывающей зависимость продуктивности от содержания органического вещества в почве. Сравнивались три минимальные нелинейные модели круговорота углерода (1), различающиеся только выбором формулировки, отражающей нелинейную обратную связь между почвой и фитоценозом:

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= k_{21}x_2 - k_1x_1 \\ \frac{dx_2}{dt} &= k_0f^i(x_1) - (k_2 + k_{21})x_2\end{aligned}\quad (1)$$

где x_1 - углерод гумуса; x_2 - углерод мортмассы; k_1 - константа скорости минерализации гумуса; k_2 - константа скорости минерализации растительных остатков; k_{21} - константа скорости гумификации растительных остатков, k_0 - безразмерный параметр, представляющий долю чистой первичной продукции, которая ежегодно включается в деструкционный цикл, $f^i(x_1)$ - функция, описывающая зависимость продуктивности от содержания гумуса в почве.

Первая модель описывает только положительную обратную связь, когда оба компонента системы стимулируют друг друга. Две другие отражают возможность перехода положительной обратной связи в отрицательную, если в процессе развития системы содержание органического вещества в почве превысит оптимальное и продуктивность начнет снижаться за счет угнетения роста растений. Проведенный анализ показал, что независимо от вида функций, выбранных для описания зависимости чистой первичной продуктивности фитоценоза от содержания органического вещества в почве, они демонстрируют одинаковое качественное поведение системы. В ней возможны два стационарных состояния, одно из которых тривиальное. Показано, что управляющий параметр системы, который определяет ее переход из одного стационарного состояния в другое, для всех рассмотренных моделей является универсальным. Установлено, что в развитии системы ведущую роль играет скорость роста продуктивности с увеличением содержания гумуса в почве на начальном этапе формирования биогеоценоза. Расчеты, проведенные со значениями параметров круговорота углерода для экосистемы луговой степи, свидетельствуют о большей реалистичности первой модели. По-видимому, это обусловлено очень слабой изученностью механизмов ингибирования продуктивности фитоценозов избытком органического вещества в почве.

ОРГАНИЧЕСКИЙ КОНТИНУУМ ПОЧВЫ: СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, КЛЮЧЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОСНОВНЫЕ ДРАЙВЕРЫ

Семенов В.М.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино,
v.m.semenov@mail.ru

Царство растений – один из главных органических компартментов биосферы. Из 550 Гт углерода (С) общепланетарной живой биомассы на высшие растения приходится 450 Гт С, в том числе 320 и 130 Гт С соответственно на надземную и подземную части растений. Обитающие в почве грибы, бактерии, протисты, археи и животные, в том числе и наземные, содержат приблизительно 12, 7, 1.6, 0.5 и 0.5 Гт С соответственно. Биомасса лесных угодий на Земле оценивается в пределах 297-368 Гт С, лугов и пастбищ – 119-120 Гт С, пахотных земель – 10 Гт С. Запасы древесной мортмассы и лесного опада на поверхности и внутри почвы составляют 73 ± 6 и 43 ± 3 Гт С соответственно. На подземный растительный опад в лесах и лугопастбищных угодьях приходится в среднем приблизительно 48 и 33% ежегодных поступлений растительных остатков. С послеуборочными остатками сельскохозяйственных культур в агроценозах поступает от 1.66 до 2.43 Гт С/год. В неживом органическом веществе почвы с подстилкой сосредоточено 1500-2400 Тг углерода.

Живые особи и неживые органические остатки биологического происхождения в почве и на почвенной поверхности, находящиеся во взаимосвязи между собой и объединенные потоками вещества и энергии образуют органический континуум. Главные компоненты органического континуума – это надземная биомасса растений, корни растений, микро-, мезо- и макрофауна, микробная биомасса, надземный опад (подстилка), корневые выделения и остатки корней, отмершая биомасса фауны и микроорганизмов, почвенное органическое вещество. Органическому континууму свойственны непрерывность кругооборота и обновления веществ, разнородность происхождения компонентов, гетерогенность и разнообразие вещественного состава, полифазность состояния, единство динамичности и стабильности, поступления и отчуждения, нарастания и отмирания биомассы, стабилизации и дестабилизации, одновременное присутствие живого и неживого, нового и старого, активного и инертного.

Неживая органическая система почвы, называемая почвенным органическим веществом (ПОВ), – гетерогенная, но целостная субстанция, имеющая характерные признаки и свойства, выполняющая определенный спектр функций и экосистемных сервисов, содержание и качество которой может быть охарактеризовано одними и теми же для всех почвенных условий показателями. ПОВ включает в себя: 1) растительные остатки размером 10-2 мм, находящиеся в почве, 2) твердые дискретные частицы (полуразложившийся органический материал размером от 2 до 0.053 мм); 3) отмершую микробную биомассу; 4) растворенные в почвенном растворе органические вещества размером меньше 0.45 мкм; 5) гумус, в виде негуминовых биомолекул и гуминовых веществ; 6) угли и обугленные материалы. В составе ПОВ присутствуют сотни и тысячи химически индивидуальных органических соединений и веществ, обладающих уникальными свойствами и отличающихся по свойствам, функциям, формам накопления и другим характеристикам. Гумус – полностью трансформированная, стабильная часть ПОВ размером меньше 0.053 мм преимущественно микробного происхождения, связанная с минеральной матрицей почвы.

Рост растений и фотосинтез, разложение растительных остатков, синтез и отмирание микробной биомассы, трансформация, гумификационная и негумификационная стабилизация остатков биоты и продуктов разложения метаболитов, дестабилизация старого и нового органического вещества, минерализация, миграция водорастворимых веществ – доминирующие процессы органического континуума. Разложение включает в себя ряд процессов, осуществляемых, как правило, микроорганизмами во взаимодействии с абиотическими факторами, приводящих к физическим и химическим изменениям субстрата.

Главные драйверы скорости и полноты разложения органических остатков – это географические переменные (широта и высота местоположений), среднегодовая температура, среднегодовое

количество осадков и годовая эвапотранспирация, типы растительности и остатков, качество остатков (содержание азота и других питательных элементов, отношение углерода к азоту, содержание лигнина и соотношение лигнина с азотом). Медленно разлагаемые, преимущественно низкокачественные растительные остатки являются основным источником фракции дисперсного органического вещества, а быстро разлагаемые, высококачественные – гумуса. Биомасса корней имеет приоритетное значение в формировании защищенного органического вещества почвы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 17-04-00707-а

ПИРОУГОЛЬ КАК ПРИРОДОПОДОБНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОДИФИКАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ

Смирнова Е.В., Гиниятуллин К.Г., Окунев Р.В., Гусева И. Г.
Казанский федеральный университет, Казань, elenavsmirnova@mail.ru

Ориентация на природоподобные технологии, построенные на понимании и техническом воспроизводстве систем и процессов живой (биокосной) природы, считается одним из условий разработки новых современных материалов. К подобным технологиям можно отнести производство и внесение в почвы пироуглей, которые в принципе являются искусственными аналогами идентифицируемого в составе почвенного органического вещества пирогенного «черного углерода» природного происхождения, который образуется в основном в результате неполного сгорания растительных остатков при пожарах и отличается повышенной микробиологической устойчивостью.

Считается, что внесение искусственно пиролизированных растительных остатков в почвы позволит, по мнению большинства авторов, увеличить в составе пула почвенного органического вещества (ПОВ) устойчивой к деструкции составляющей и решить в будущем важнейшие проблемы современности, в том числе - необходимость секвестрации углерода атмосферы для предотвращения глобальных изменений климата.

Перспективы решения данной задачи с помощью пироуглей начали в некоторой степени ставиться под сомнение в связи с обнаружением положительного прайминг-эффекта - увеличения почвенного дыхания за счет разложения ПОВ при внесении пироуглей. В тоже время, встречаются работы, в которых обнаруживается отрицательный прайминг-эффект, вызываемый внесением пироуглей или отсутствие их значимого влияния на выделения CO_2 из почв. Дискуссионным является также вопрос о механизмах влияния пироуглей на эмиссию CO_2 из почвы.

Цель данной работы: используя выборку различных образцов пироуглей, отличающихся по составу и свойствам органической и минеральных составляющих, провести исследование в прямом лабораторном инкубационном эксперименте направленности и механизмов их влияния на субстрат-индуцированное дыхание (СИД) почв.

Для проведения экспериментов использовали образцы пироуглей (10 шт.), приготовленные из различных древесных и травянистых растительных остатков в разных режимах пиролиза (<400 °С и в диапазоне 400-600 °С). Использованные пироугли были охарактеризованы по 28 показателям, характеризующим их органическую и минеральную составляющие, а именно, содержание общего азота и углерода, окисляемости органического вещества (ОВ) пироуглей, содержание золы, рН, а также состав их ацетатной и водной вытяжек. Модельные смеси почва : пироуголь в соотношении 20:1 инкубировали при оптимальной влажности и температуре. Величина СИД определялась через 3, 95 и 187 дней инкубации.

Было показано, что через 3 дня инкубации влияние пироуглей является разнонаправленным, наблюдается как снижение, так и увеличение интенсивности СИД, а направленность влияния зависит от растительного материала и температуры проведения пиролиза. Инкубация в течение 95 дней приводит к увеличению СИД во всех вариантах опыта по сравнению с контролем. При дальнейшей инкубации (187 дней) для некоторых вариантов происходит снижение интенсивности, для других - увеличение, но для всех вариантов с внесением пироугля величина СИД остается выше, чем в контроле.

Для оценки свойств пироуглей, влияющих на интенсивность СИД, использовали регрессионный анализ. Поскольку, набор данных относится к высокоразмерным с высокой степенью взаимной корреляции переменных для оценки связей использовали Лассо регрессию, результат применения которой показал при кратковременном инкубировании (3 дня) положительное влияние на СИД содержания окисляемого ОВ, $pH_{вод}$ и отрицательное – содержание ацетаторастворимого натрия. При инкубации в течение 95 дней положительно влияет на СИД почв содержание окисляемого ОВ, через 187 дней - содержание золы. Из работы можно сделать вывод, что в зависимости от длительности инкубации влияние пироуглей на СИД разнонаправлено и зависит от различных его свойств, которые определяются растительным материалом, использованным при его производстве, а также различия в технологии проведения пиролиза. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ - проект № 17-04-00869.

ОРГАНИЧЕСКИЕ ПАЛЕОИНДИКАТОРЫ И БИОМАРКЕРЫ В РАННЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ПЕДОЛИТОСЕДИМЕНТАХ ПАЛЕОЛИТИЧЕСКОЙ СТОЯНКИ МУХКАЙ II (РЕСПУБЛИКА ДАГЕСТАН)

Столпникова Е.М.¹, Ковалева Н.О.², Амирханов Х.А.³, Ожерельев Д.В.³

¹*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, opallada@yandex.ru*

²*Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

³*Институт археологии РАН, Москва*

Органическое вещество палеопочв служит важным ресурсом хранения информации об особенностях палеоклимата, позволяющим судить об интенсивности процессов почвообразования, структуре растительного покрова исследуемого ландшафта. На данный момент большая часть исследований органического вещества плейстоценовых палеопочв проведена для позднего плейстоцена и носит также единичный характер (Дергачева и др., 2000, Ковалева, 2009, М. Цех, 2006). Для раннеплейстоценовых почв и педолитоседиментов становятся не применимыми классические методы фракционного и группового состава гумуса в силу его крайне низкого содержания. Более информативными являются такие методы как изотопный состав углерода и состав n-алканов, последний также является маркером злаковой, древесной растительности. Известно, что длинноцепочечные неразветвлённые алканы могут долго сохраняться в почвах и седиментах, что показывают исследования позднеплейстоценовых лёссово-почвенных серий (Zech et al., 2009).

Объект исследования - многослойная стоянка Мухкай-II расположена на территории республики Дагестан, в восточной части Северного Кавказа на Акушинско-Левашинском платообразном поднятии Гимрийского хребта на высоте 1629 м над уровнем моря, раскоп вскрывает останец раннеплейстоценовых отложений. Данные по палеомагнитному анализу (Amirkhanov et al., 2014) относят все вскрытые отложения к эпохе отрицательной намагниченности Матуяма, и фиксируют положительные экскурсы Харамилье (1,07-0,99 млн.л.н.) и Олдувей (1,77-1,95 млн. л.н.). На стоянках Мухкай II (сл. 80) и Мухкай IIa обнаружены культурные слои с многочисленными каменными орудиями и костями животных. Стоянки представляют собой неразрушенные и непереотложенные уровни обитания древнего Номо, где происходила разделка туш раннеплейстоценовых животных. Возраст этих стоянок оценивается в пределах 2,1-1,7 млн.л.н. Отложения стоянок представляют собой ритмичное переслаивание известняковой гальки и палевого, сизовато-палевого суглинка с признаками гидроморфного почвообразования Fe-Mn примазками и сизыми горизонтами оглеения. Оглеение заметно возрастает в местах залегания костеносных слоев 2-3 стоянки Мухкай IIa. Таким образом, исследуемые отложения можно назвать педолитоседиментами. Нами были проведены исследования стенок раскопов Мухкай IIa (2014, 2017г) и Мухкай II (2017г, сл. 21-25, сл.105). Все исследованные педолитоседименты карбонатны, характеризуются низким содержанием органического углерода - в среднем 0,1-0,2%. Величины магнитной восприимчивости колеблются в небольших пределах от 11 до $27 \cdot 10^{-6}$ ед. СГСМ, характеризую формирование отложений (педолитоседиментов) в гидроморфных условиях, а также, отсутствие гумусированных горизонтов и сильномагнитных пеллосодержащих слоёв в исследованных сериях. Тем не менее, есть небольшие максимумы содержания органического

углерода и азота в раскопе Мухкай II (2017г.) в слоях 22 (на глубине 6,89-7,01м, 0,31% Сорг.), 24 (7,84-7,95м, 0,14% Сорг.), 25 (0,16-0,21% Сорг. с максимальными значениями для слоя под 25 в (9,22м)). Содержание углерода повышается также в углублении палеорула раскопа Мухкай III (2017г.) (39,07-39,15 м до 0,35% Сорг.) на уровне 2-го костеносного слоя и на глубинах 38,98-39,18м рядом с палеорулом древнего водотока до 0,62% углерода, где были обнаружены следы жизнедеятельности роющих животных. Изотопный состав органического вещества отвечает доминированию C3 растительности и колеблется в пределах -26,1-27,2‰. В современных гумусовых горизонтах утяжеляется до -24,6‰-20,3‰, что вызвано преобладанием в современном покрове альпийских горных трав. Распределение н-алканов, также как и изотопный состав углерода, не выявило преобладания биомаркеров злаковой растительности (C31 и C33). Образцы в разной степени обогащены биомаркерами древесной растительности (C27 и C29), особенно выделяется почвоподобный горизонт под культурным слоем 25в (C27+C29= 36µг/г Сорг.). Таким образом, несмотря на низкое содержание органического вещества, в исследуемой раннеплейстоценовой толще выделяются этапы его аккумуляции, не всегда связанные с культурными слоями. Педолитоседименты формировались в стабильных гидроморфных условиях и не испытывали на себе резких смен растительных популяций.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 17-14-01120 и РФФИ 17-06-00116

ОСОБЕННОСТИ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭНДОГЕННОГО ВОДОРОДА

Суханова Н.И., Трофимов С.Я., Кирюшин А.В.

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова, ф-т почвоведения, Москва,
vogudin@yandex.ru

Введение

Территории с выходами эндогенного водорода часто охватывают большие площади, а плотность водородных западин может составлять от 15 до 50% и более. Особо актуальным представляется изучение влияния водородного флюида на почвы пашни с плодородными почвами, как, например, в Воронежской, Липецкой, Волгоградской областях нашей страны. В процессе прохождения потоков водорода через почвенную толщу его содержание в почвенном воздухе значительно превышает обычные для почвенных условий концентрации образующегося биогенным путем водорода. На участках дегазации концентрация водорода в подпочвенном воздухе на глубине 120см, измеренная методами полевой водородометрии, может достигать 1,6% по объему и более. Это обстоятельство кардинально может менять условия почвообразования за счет влияния газообразного водорода на окислительно-восстановительные режимы почв и почвообразующих пород, а, следовательно, на гумусообразование и плодородие. По свидетельству местных агрономов урожай на таких территориях может снижаться на 30-40%.

Объекты и методы

Исследования почв западин с выходом молекулярного водорода проводились в районе Хоперского глубинного разлома в северо-западной части Волгоградской области. Эта территория с большой плотностью выходов водорода общей площадью около 3600 км². В почвенном отношении это зона распространения черноземов обыкновенных, почвы интенсивно используются в сельском хозяйстве. Водораздельная часть слабоволнистая. На поверхности выходящие струи водородного флюида из недр земли формируют правильной формы круглые понижения (западины) различного диаметра (от нескольких метров до 3 км) и разной глубины. Глубокие западины исключены, а некоторые участки, мало выраженные в рельефе, вовлечены в сельскохозяйственное использование.

Обсуждение результатов

Исследования показали, что черноземные почвы в зонах локального выделения эндогенного водорода меняют свои свойства. И в западинах с присутствием временного переувлажнения и в местах без переувлажнения резко увеличивается кислотность почвенного профиля, исчезают карбонатные новообразования, профиль становится полностью промытым от карбонатов. Увеличивается общее

содержание гумуса, при этом происходит осветление гумусового горизонта, вследствие резкого изменения состава гумуса в сторону его фульватности. А картина морфологического распределения гумуса в почвенном профиле западин свидетельствует о его большой подвижности. Процесс трансформации гумуса идет с такой интенсивностью, которой, судя по накопленным литературным данным, не наблюдается в почвах, испытывающих временное избыточное переувлажнение.

Замечено, что в местах выхода водорода на сельскохозяйственных угодьях, где нет временного переувлажнения, часто наблюдается гибель посевов, выпадение всходов точно маркируется измеренным в поле водородом. В проведенном лабораторном опыте по воздействию водорода на растения трехкратная 30-минутная обработка всходов кресс-салата привела к гибели растений. В таком же опыте пшеница не погибла, но наблюдалось ее сильное угнетение (на 30%). Это говорит о том, что, возможно, водород, проходящий через корни растений, негативно влияет на их физиологические функции и растения испытывают стресс, приводящий иногда к полной гибели посевов.

Выводы

Таким образом, проведенные эксперименты показали, что молекулярный водород, как легчайший газ, с высокой скоростью диффузии поступающий из недр, оказывает сильное влияние на почвы и растительность. В местах его выхода в черноземных почвах формируется очень интенсивный восстановительный процесс, сопровождающийся деструкцией гумуса, обесцвечиванием гумусового горизонта, значительным повышением общей концентрации агрессивных фульвокислот и в результате подкислением почвенного профиля. Растительность в таких местах испытывает стресс, приводящий иногда к ее полной гибели. Поток водорода, обнаруженный в разломных зонах Русской плиты, является крайне негативным фактором, влияющим на экологическое состояние биосферы.

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА И ИХ СТРУКТУРЫ В ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ В ХОДЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

Телеснина В.М., Рыжова И.М.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, vtelesnina@mail.ru

В настоящее время на территории России большая площадь пахотных земель выведена из использования. Переход в залежь приводит к изменению содержания и запасов органического вещества в почве. Цель работы – выявить динамику запасов углерода как в почве, так и в биогеоценозе в ходе постагрогенной сукцессии в Костромской области. Исследовали Парфеньевский и Мантуровский районы. На территории Парфеньевского почвообразующими породами являются покровные суглинки, подстилаемые мореной. Первый хроноряд включает пашню, залежь 7-11 лет, лес 20-24 лет, лес 45-50 лет и лес 80-100 лет. Второй хроноряд включает сенокос, молодой лес 17 лет, лес 50 лет и 140-150 лет. В Мантуровском районе один хроноряд образован на песчаных почвах и включает следующие стадии: пашня; залежь 7-11 лет; залежь 12-15 лет; лес 40 лет; лес 100 лет. Другой хроноряд, образованный на покровных суглинках, представляет собой зарастающий сенокос. Стадии зарастания – луг, не косимый 2-3 года; луг, не косимый 12 лет; лес 20 лет; лес 95 лет. Изучаемые экосистемы сформированы на агродерново-подзолистых и постагрогенных дерново-подзолистых почвах. Методом укосов и монолитов изучена соответственно надземная и корневая биомасса травостоя, масса древостоя - аллометрически. В почвах определено содержание и запасы углерода. Наибольшее увеличение содержания углерода в верхних 0-10 и 10-20 см в ходе сукцессии от 0-стадии до стадии зрелого леса выявлено для зарастающей пашни – более чем в 4 раза. На ранних стадиях это определяется влиянием дернины и поступлением травяного опада в почву, на поздних – поступлением листового опада. Невысокий уровень окультуривания не способствует накоплению органического вещества в почве, и после прекращения распашки этот показатель стремится к исходным значениям. Градиент возрастания содержания углерода по мере лесовосстановления по пашне на суглинистых почвах не столь велик. Зарастание сенокосных лугов сопровождается некоторым уменьшением содержания органического углерода, хотя и выраженным не слишком отчетливо. Если сравнить почвы пашни и сенокоса, сходные по гранулометрическому составу - видно, что содержание углерода в почве

сенокоса гораздо больше (соответственно 1,8 и 0,6%) несмотря на периодическое отчуждение травостоя. В целом при зарастании пашен микробная биомасса в верхних горизонтах увеличивается. После прекращения распашки это связано с бурным ростом трав и поступлением большого количества разнообразного легкоразлагаемого опада. При зарастании сенокоса наблюдается уменьшение микробной биомассы на начальных стадиях. По мере восстановления леса общий запас углерода экосистемы возрастает, что говорит о стремлении системы к первоначальному состоянию, предшествовавшему освоению. При зарастании пашни на песчаных почвах за 100 с лишним лет общий запас углерода возрастает в 7 раз, на суглинистых – в 9, при зарастании сенокосов – в 3,5. Запасы углерода в старопахотной толще увеличиваются в процессе зарастания пашни, достигая максимума между 20 и 45 годами. Динамика запасов углерода в почвах пашни и сенокоса различается. Запасы углерода в почве сенокоса превышают запасы в почве пашни более чем вдвое, поскольку баланс поступающего органического вещества различен при распашке и при покосе. Восстановление древостоя после прекращения кошения происходит медленнее, поэтому есть «временной разрыв» между деградацией дернового горизонта и формированием лесного органофилия с подстилкой - в 10-12 лет появляется «углеродный минимум». Позже запасы углерода начинают возрастать, как и при зарастании пашен. Соотношение запасов углерода в разных блоках экосистемы неодинаково в течение сукцессии. В травяных экосистемах доля углерода почвы составляет более 80%, в экосистемах молодых лесов 20-летнего возраста – не более 40-50%, в экосистемах лесов 95-100 лет – не более 20%. Абсолютный запас почвенного углерода и детрита увеличивается по мере развития древостоя. Доля запасов детрита наиболее существенно увеличивается в экосистеме леса, развитого на песчаных почвах (до 10%). Доля запасов углерода травостоя сходит на нет через 20 лет после прекращения использования, доля ассимилирующих частей древостоя растет. Таким образом, запасы углерода в экосистеме увеличиваются в основном за счет многолетних частей древостоя, в результате вторичные леса являются довольно существенным стоком атмосферного углерода.

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ОЦЕНКА РОЛИ ВКЛЮЧЕНИЙ ИСКОПАЕМОГО УГЛЯ И ФИТОДЕТРИТА В ФОРМИРОВАНИИ ПУЛА ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Трефилова О.В.¹, Спорыхина Т.А.², Прибура А.Д.².

¹Институт леса им. В.Н. Сукачёва Сибирского Отделения Российской Академии наук-обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, ovtrefilova_ilsoran@mail.ru

²Институт экономики, управления и природопользования ФГБ ОУВО Сибирского Федерального университета, г. Красноярск, t_sporyxhina@mail.ru

Принято считать, что во временном масштабе биогенная аккумуляция и трансформация органического вещества - самый первый процесс педогенеза, а интенсивность гумусообразования выступает своеобразным показателем интенсивности почвообразования.

Одной из отличительных особенностей техногенных почв, формирующихся на породных отвалах угольных разрезов, является присутствие включений угля и углистой пыли. Учитывая то, что уголь является источником гуминовых кислот, цель работы сводилась к дифференцированной оценке вклада угля и фитодетрита в формирование пула гуминовых веществ молодых почв.

Для реализации целей исследования использовали балансовый подход. Определялась интенсивность потоков органического вещества: опад растительных остатков на поверхности и в толще почвы; минерализация свежих порций опада и ранее накопленного фитодетрита; аккумуляция и минерализация свежесформированных гумусовых веществ.

Работа проводится на отвалах угольного разреза «Бородинский» - восточная окраина Канско-Ачинского угольного бассейна (55°52' с.ш., 94°54' в.д.). Объектами исследования служили лесные насаждения искусственного (культуры сосны 2006 года) и естественного происхождения (березово-осиновый редкотравный лес).

Суммарное (надземная и подземная часть) количество опадающей фитомассы в культурах сосны достигает 29 в мелколиственном насаждении - 14 ц С га⁻¹. Преобладающая часть (67-91%) опадающих растительных остатков поступает на поверхность почвы, пополняя запасы подстилки.

Растительные остатки, сосредоточенные как на поверхности, так и в толще почвы подвергаются процессам разложения. Согласно экспериментальным данным, значения констант разложения компонентов наземного фитодетрита молодых почв не достигли величин, полученных для зональных березняков, произрастающих на серой лесной почве на 13-42 и 28-33% - для свежих порций опада и подстилки, соответственно. В слое серой почвы 0-10 см корневая мортмасса березняка разлагается со скоростью $k = 0.118 \text{ год}^{-1}$, близкие величины получены для молодой почвы под березово-осиновым лесом $k = 0.113 \text{ год}^{-1}$. В культурах сосны, между прочим зарастают спонтанной травянистой растительностью, скорость разложения корневой фитомассы выше - $k = 0.170 \text{ год}^{-1}$.

Используя полученные константы разложения и оценки запаса фитодетрита, полученные на учётных площадках 20x20 см, рассчитывали интенсивность деструкции растительных остатков. Основная часть продуктов разложения минерализуется и в форме CO₂ возвращается в атмосферу, оставшаяся включается в процессы гумификации. Интенсивность минерализационного потока всех изучаемых насаждений составила 12 ц С га⁻¹год⁻¹ или 15-19% от массы разлагающегося фитодетрита.

Таким образом, в березово-осиновом лесу и в культурном лесном фитоценозе по пути гумификации проходит 0.7 и 2.1 ц С га⁻¹год⁻¹, соответственно.

Новообразованные гумусовые соединения обладают низкой микробиологической устойчивостью. Взаимодействуя с минеральными компонентами, часть гумусовых веществ приобретает относительную устойчивость к минерализации и аккумулируется в почве. Для изучаемых культур интенсивность аккумуляции гумуса составляет 1.0, в березово-осиновом насаждении на техногенной почве - 0.4 ц С га⁻¹год⁻¹. Оставшаяся часть минерализуется и пополняет общий минерализационный поток.

Таким образом около 20% от запаса углерода гумусовых веществ молодых почв (определенные мокрым сжиганием по Тюрину) формируется при разложении фитодетрита современного растительного сообщества. Источником преобладающей доли запаса углерода молодых почв, вероятно, могут быть включения угля и углистой пыли. На сколько данное заключение соответствует действительности предстоит выяснить в ходе будущих изысканий. Исследования в данном направлении продолжаются

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №14-05-31130

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ И ЕЕ ДЫХАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ В ПРОФИЛЕ КРИОЗЕМОВ ТУНДР КОЛЫМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Ходжаева А.К., Шатилович А.В., Лупачев А.В., Губин С.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук, Пущино, e-mail: akho2@rambler.ru

Мерзлотные почвы – один из наиболее значимых наземных резервуаров углерода долгое время аккумулирующих органическое вещество в своем профиле. Возможные климатические изменения могут уменьшить аккумулирующую роль этих почв, усилив микробиологическую деструкцию органического вещества. Поэтому работы по оценке содержания и потенциальной активности микробных сообществ почв холодных экосистем весьма актуальны. Целью нашей работы было изучение распределения микробной биомассы и изменение ее дыхательной активности в толще современных мерзлотных почв. Известно, что процессы криогенного массообмена и солифлюкции играют ведущую роль в перераспределении органического вещества на всю глубину профиля криоземов, обогащая минеральные горизонты. В связи с этим, исследования проводили с образцами поверхностных органогенных (О_{ао}, Т) и минеральных (С_Р) горизонтов криоземов, отдельными морфонами криотурбированного (@) и погребенного в ходе солифлюкции ([О_{ао}], [Т]) органо-минерального материала. Образцы криоземов были отобраны в подзоне арктической тундры в устье

реки Индигирки в 2017 году. Определяли содержание валового органического вещества ($C_{орг}$), углерода микробной биомассы ($C_{МБ}$) методом субстрат-индуцированного дыхания (СИД), скорость базального дыхания (БД), рассчитывали коэффициент микробного дыхания ($Q_r = БД / СИД$). По содержанию $C_{орг}$ исследуемые горизонты и морфоны криоземов образовали следующий убывающий ряд: поверхностные органогенные (13.1 %) > погребенный органо-минеральный материал (11.2 %) > морфоны криотурбированного материала (6.1 %) > минеральные горизонты (3.1 %). Содержание $C_{МБ}$ находилось в пределах от 3 до 5824 мкг / г. Несмотря на значительное варьирование в образцах криоземов, сохранялась общая закономерность в распределении $C_{МБ}$ по профилю, с максимумами в поверхностных органогенных горизонтах и минимумами в минеральных. В среднем, содержание микробной биомассы было в 90 раз выше в органогенных горизонтах, чем во вмещающей минеральной толще криоземов. Содержание $C_{МБ}$ во фрагментах погребенного материала составляло 44-535 мкг / г, что было в 4 раз выше, чем во вмещающей минеральной толще. В криотурбированных морфонах содержание $C_{МБ}$ составляло 23-56 мкг / г и не значительно отличалось от минеральных горизонтов. Доля $C_{МБ}$ от $C_{орг}$ варьировала в пределах от 0.1 до 2.9 %, уменьшаясь с глубиной. В морфонах криотурбированного и погребенного органо-минерального материала доля $C_{МБ}$ от $C_{орг}$ была одинаково низкой (не более 0.2 %). Скорость БД, также, была значительно выше в верхних органогенных горизонтах криоземов (2.9-75.4 мкг С-СО₂ / г / час) по сравнению с минеральными (0.2-0.5 мкг С-СО₂ / г / час) и отдельными морфонами криотурбированного (0.6-1.1 мкг С-СО₂ / г / час) материала. В образцах погребенного в ходе солифлюкции органо-минерального материала скорость БД снова возрастала (1.1-10.3 мкг С-СО₂ / г / час). Величина Q_r в профилях криоземов варьировала в пределах от 0.2 до 1. Значения выше 0.2, полученные для органогенных, части минеральных горизонтов криоземов, а также фрагментов погребенного материала и криотурбированных пятен, свидетельствуют о стрессовых воздействиях, влияющих на микробные сообщества. Близкие к 1 значения Q_r могут характеризовать интенсивные процессы разложения, протекающие в почве. Необходимо отметить, что такие интервалы значений Q_r были ранее получены для почв умеренной зоны и требуют уточнений в случае криогенных. Обнаружена положительная корреляционная зависимость ($P < 0.05$) содержания $C_{МБ}$ с $C_{орг}$ ($r = 0.38$), величиной ппп ($r = 0.63$) и $T_{почвы}$ ($r = 0.69$). Положительная корреляционная зависимость скорости БД была получена с содержанием $C_{орг}$ ($r = 0.38$) и $N_{общ}$ ($r = 0.44$), величиной ппп ($r = 0.47$) и $T_{почвы}$ ($r = 0.55$). Таким образом, распределение микробной биомассы и ее дыхательная активность в профиле криоземов напрямую зависит от содержания органического вещества, средней летней температуры почвы на различной глубине, а также от активности процессов солифлюкции и криогенного массообмена.

Работа выполнена в рамках Госзадания АААА-А18-118013190181-6 и при поддержке гранта РФФИ № 17-04-01397.

ОРГАНОПРОФИЛИ ПОЧВ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Шамрикова Е.В., Денева С.В., Кубик О.С.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН ФГБУН ФИЦ “Коми НЦ УрО РАН”, г. Сыктывкар
shamrikovaelena@yandex.ru

Органическое вещество почв является основным компонентом, обеспечивающим плодородие и экологическую устойчивость почв и биосферы. Процессы гумусообразования в почвах прибрежной арктической зоны России на сегодняшний день раскрыты недостаточно.

В почвах ненарушенных ландшафтов побережья Хайпудырской губы методом газовой хроматографии определено содержание общего углерода и азота, объемно-метрическим методом – содержание углерода неорганических соединений. Разнообразие растительных ассоциаций, геоморфологических условий, почвообразующих субстратов, а также специфические климатические условия района определили значительную пестроту почвенного покрова. Выделено две группы прибрежных почв, существенно различающихся по генезису: засоленные маршевые почвы, формирующиеся в условиях периодического затопления приливными и нагонными морскими водами и

почвы тундровых экосистем, подверженные влиянию моря лишь посредством выпадения морских аэрозолей.

В первой группе содержание $C_{\text{орг}}$ варьирует по горизонтам от 5 до 75 г/кг, содержание $N_{\text{общ}}$ – от 1 до 5 г/кг, отношение $C_{\text{орг}}/N_{\text{общ}}$ – от 10 до 18. Источниками элементов в почвах являются прибрежная солеустойчивая флора ($C_{\text{орг}}/N_{\text{общ}} = 12-21$), а также гуано и биологический материал морских организмов ($C_{\text{орг}}/N_{\text{общ}} = 2-10$) [Frigstad et al, 2014; Zmudczyńska-Skarbek et al, 2015; Zaborska et al, 2018]. В почвенных профилях изменение $C_{\text{орг}}/N_{\text{общ}}$ с глубиной разнонаправлено. Значения $C_{\text{орг}}$ и $N_{\text{общ}}$ во всех маршевых почвах тесно взаимосвязаны $\omega(C_{\text{орг}}) = 0.1\omega(N_{\text{общ}}) + 0.1$ ($r = 0.99$). В средней части профиля почв наблюдаются гумусово-аккумулятивные горизонты, погребенные современными морскими отложениями. Для выборки, не включающей сведения об этих горизонтах, выявлена корреляция между содержанием общего азота и массовой долей илистой фракции $\omega_{\text{ИФ}} = 0.06*\omega(N_{\text{общ}}) - 0.06$ ($r = 0.75$).

Во второй группе содержание $C_{\text{орг}}$ составляет 430-470 г/кг, общего азота 4-7 г/кг, отношение $C_{\text{орг}}/N_{\text{общ}}$ в поверхностных торфяных горизонтах равно 64-95, что сопоставимо со значениями показателя биомассы доминирующих видов растений участков ($C_{\text{орг}}/N_{\text{общ}} = 60-140$). В пределах деятельного слоя торфяных мерзлотных почв $C_{\text{орг}}/N_{\text{общ}}$ снижается в 3-7 раз в связи с более эффективной минерализацией органического углерода по сравнению с азотом и обогащением мертвых растительных остатков последним. Взаимная связь содержания элементов выражена только в минеральной части профиля торфяно-глеемакриогенно-ожелезненного мерзлотного ($\omega(C_{\text{орг}}) = 20.9\omega(N_{\text{общ}}) - 3$, $r = 0.95$). Отмечено накопление элементов в минеральной надмерзлотной толще по сравнению с нижележащим мерзлотным горизонтом (в 1.6 раза). Общее содержание азота в минеральных горизонтах этой почвы тесно коррелирует с массовой долей илистой фракции ($\omega_{\text{ИФ}} = 0.06*\omega(N_{\text{общ}}) - 0.5$, $r = 0.97$).

Содержание неорганического углерода маршевых почв исследуемых участков равно $\omega(C_{\text{неорг}}) = 0.4-1.8$ г/кг, что составляет 4-20% от общего содержания элемента. Более других неорганического углерода содержит почва маршей низкого уровня, затапливаемая в каждый прилив, а в ней – поверхностный горизонт. Источниками $C_{\text{неорг}}$ являются карбонатные породы и морская вода.

Исследования выполнены в рамках проекта № 18-9-4-13 Комплексной программы УрО РАН (2018-2020) “Междисциплинарный синтез – ключ к познанию функционирования приморских арктических экосистем России в свете нарастающих угроз современности (на примере Баренцева моря)” (номер госрегистрации: АААА-А17-117112870194-6), а также гранта РФФИ № 16-04-00749 “Кислотный профиль как базовый регулятор почвообразовательных процессов (на примере арктических экосистем)”

Frigstad H., Andersen T., Bellerby R.G.J., Silyakova A., Hessen D. Variation in the seston C:N ratio of the Arctic Ocean and pan-Arctic shelves // Journal of Marine System, 2014. V. 129. P. 214–223.

Zaborska A., Włodarska-Kowalczyk M., Legeżyńska J., Jankowska E., Winogradow A., Deja K. Sedimentary organic matter sources, benthic consumption and burial in west Spitsbergen fjords – Signs of maturing of Arctic fjordic systems? // Journal of Marine Systems. 2018. V. 180. P. 112–123.

Zmudczyńska-Skarbek K., Balazy P., Kuklinski P. An assessment of seabird influence on Arctic coastal benthic communities // Journal of Marine Systems. 2015. V. 144. P. 48–56.

EFFICIENCY OF REMOVAL OF ORGANIC MATTER AND BIOGENIC ELEMENTS IN THE TREATMENT WETLANDS IN A TROPICAL CLIMATE

Basyal¹ I., Koottatep¹ Th., Shchegolkova^{2,3} N., Semenov⁴ M., Kharitonov² S.

¹Asian Institute of Technology, Thailand;

²Faculty of Soil Science Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

³Institut of Water Problems RAS Moscow, Russia;

⁴Dokuchaev Soil Science Institute
basyal-isha@ait.asia

Treatment Wetlands appropriateness as wastewater treatment plants is most commonly used decentralised treatment units in small towns and individual buildings. Its effectiveness in successful purification of wastewater ranges not only from bioavailable organic matter, but also from organic toxicants. To compare their effectiveness in the removal of organic pollutant and predict the influence of environmental conditions and wetland configuration in the removal of xenobiotics a database of different constructed wetlands types was prepared.

A database of different constructed wetlands types was prepared to compare their effectiveness in the removal of organic pollutant and predict the influence of environmental conditions and wetland configuration in the removal of xenobiotics. In total 51 constructed wetlands across different climatic zones and global regions were selected for this study and as shown in the figure 1. Two distinct planted subsurface wetlands types i) horizontal flow constructed wetlands ii) vertical flow constructed wetlands and surface flow constructed wetlands in combination of series and parallel used for treating different wastewater types as shown in figure 2 were selected. For this particular study, domestic wastewater includes grey and black water, agricultural wastewater includes wastewater from swine, aquaculture, dairy farm and agricultural runoff, industrial wastewater includes metallurgic and food processing industry and institutional wastewater includes

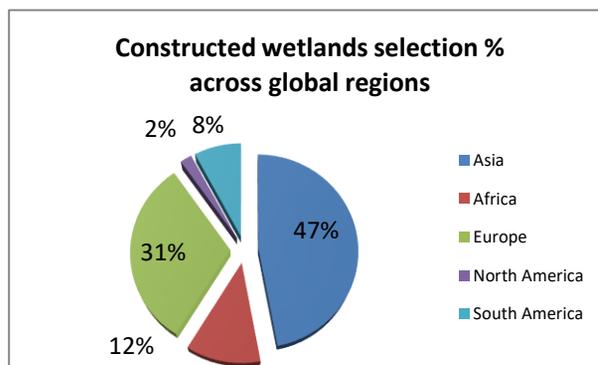


Figure 1: Constructed wetlands selection from different global regions

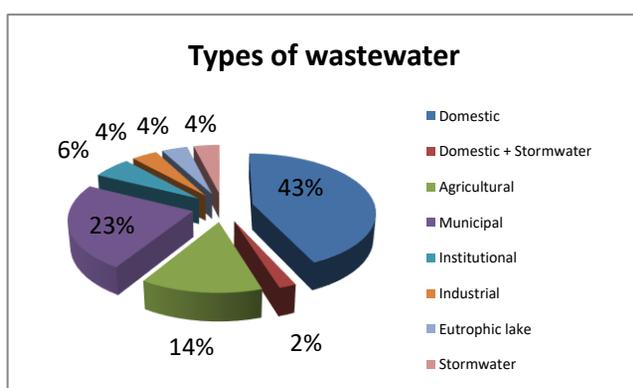


Figure 2: Types of wastewater

schools and hostels.

The considered wetlands were with volume greater than 20 m³ up to 3000 m³ with different media type mainly coarse and fine sand, gravel, soil. All of the considered wetlands were planted with common wetland vegetation as *Phragmites australis*, *Canna spp.*, *Typha latifolia*, *Juncus spp* and native plants. The loading rate for wetland varies from 0.12m³/day to 20000m³/day. The organic pollutant composition in different wastewater types is shown in Figure 3 below.

Considering the three major wastewater types

a) agricultural wastewater b) domestic wastewater c) municipal wastewater the COD, BOD, total Nitrogen and total phosphate removal is as shown in Table 1. It can be observed that above 90%

removal of BOD and COD is achieved in all wastewater types. However, as the nitrogen content in agricultural wastewater is relatively in higher concentration than in domestic and municipal wastewater, the maximum removal of total nitrogen is below 65%. The other main organic pollutant constituent in agricultural wastewater being Phosphate, the removal efficiency is of 80% and better than the nitrogen removal.

THE USE OF ORGANIC FERTILIZER IN ORGANIC FARMING TO SUPPORT BALI CLEAN AND GREEN

Gusti Ngurah Santosa and Ketut Suada
Study Program of Agroecotechnology,
Faculty of Agriculture, Udayana University, Bali-Indonesia
Email : santosaprofgreen@unud.ac.id

Bali is one of the provinces in Indonesia which it is often called as a paradise island. Bali is also known as one of the world's tourism destinations. To support this, agriculture has an important role to provide organic food, good environment for enjoy life and sight seeing as an agrotourism. In agriculture sector, Bali has a large enough area. The area of paddy field is 14.46 % and dry land as many as 45.88 % from the total area. It means that paddy field and dry land cover area 60.34 % or 3,401.16 km². These area have a high potential to use organic fertilizer. However the reality in the field, either in the paddy field (Subak area) or in dry land area most farmer use inorganic fertilizer. Only few farmer use organic fertilizer or if they use organic fertilizer its dosage is not compatible. Organic farming has long been developing in Bali and all people want it for sustainable agriculture.

At present many parties effort to develop organic farming like government, universities, private and also farmer. The government lately develops organic farming through Simantri system (Integrated Farming System), university through academic curriculum, by synergizing between agriculture and tourism, private and farmer by applying their choice strategies but the results are not optimal. It is still many constraints which faced by the farmer in the field. One of the problems is, if the farmer use organic fertilizer, the farmer need too large amount of volume to meet plant nutrition needs. Consequently transport will be problem because usually the distance is far from agricultural areas, and this condition will increase cost of production. In contrary farmer need light volume of organic fertilizer, simple, easier transportation but can fulfill nutritional need of plant. In this case the availability of small packages of organic fertilizer is better like the usage of lignohumate. The other problems in the field are fertilizer processing, limited water availability, price of crop yield, and also the seriousness of the farmer. All of this means that it is needed strong effort continuously to success organic farming.

Keywords : Organic fertilizer, Organic farming, Bali clean and green

VALUATION AND ACTIONS TO IMPROVE ECOLOGICAL SERVICES OF PREK THNOT WATERSHED

Meas Pyseth
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Phnom Penh, Cambodia, pmeas@online.com.kh

The Prek Tnot Watershed is situated in Kampong Speu Province, right on the west side of the Cambodian capital City, Phnom Penh. It is a mostly flat area, with a slight gradient towards the Mekong River in the East. Only in the West it is characterised by some outward mountains of the Cardamom mountain landscape, which form a number of small sub-watersheds. The climate is humid, characterized by strong rains, with highly erosive forces.

The watershed is one of the major paddy cultivation areas in Cambodia. Nevertheless, currently the crop production is low and unstable, with some farmers not even able to cover rice for their own consumption.

The watershed is considered as one of hotspots of environmental degradation and is facing more and more natural disasters and hazards, particularly floods. An important indicator which shows, that regulating ecosystems services have been damaged through exploitative land use, is the ongoing decline of provisioning

service. Moreover, the quality of drinking water in the watershed is among the lowest in Cambodia. These conditions make it necessary to think about potential economic incentives to land users to maintain and restore ecosystem services in the watershed.

Land functions, which provide materials such as food, wood, water, fibre etc. and usually well regarded by economy. All these provisioning services rely on regulating and sustaining services, without which land productivity will collapse, such as water filtration, nutrient retention, climate and flood regulation, and taking care of the overall resilience of the ecosystem through biodiversity.

For all the provisioning services, severely declining trends could be recorded. There are threats the current production system is facing due to the deteriorating conditions.

Underlying causes can be identified in the current political and economic frameworks, which up to now do not give sufficient incentives for sustainable land, especially forest management, to the detriment of the income situation of smallholders, and even of the government itself. In particular, the current price regime does not cover the social costs of environmental services, meaning the costs which would occur, if those environmental services would not be there. For instance, it has been frequently mentioned, that carbon prices are too low to reflect the real social costs of climate change, which at the end could even destroy the planet.

To address the problems, a number of real actions have been taken on the ground with limited success. Among them, a project titled “Collaborative Management for Watershed and Ecosystem Service Protection and Rehabilitation in the Cardamom Mountains, Upper Prek Thnot River Basin (CoWES)” is being implemented to help reduce the pressures on the upper parts of the watershed from competing land uses.

The project aims at delivering 3 components/outcomes: 1) On-farm soil conservation and agro-forestry practices improved, 2) community forest areas restored and sustainably managed; and 3) Watershed management and monitoring capacity improved.

To achieve the 3 outcomes, the following key/main activities are being implemented:

- Introduce sustainable land and water management in agriculture production areas
- Pilot agro-forestry in project areas to assist development of productive gardens of diverse, perennial crop/tree species
- Strengthening sustainable models for community-based forest and water management
- Identification and provision for sustainable livelihood development
- Capacity-building for forest protection and law enforcement to key stakeholders
- Review and develop case studies and good practices in watershed management
- Support a detailed local ecosystem valuation study to inform land use planning.

UTILIZATION OF SEWAGE SLUDGE IS THE KEY TO SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF MEGACITIES – A CASE STUDY IN HANOI CITY

Khai Manh Nguyen^a, Ha Thi Nguyen^a, Anh Van Ngo^a, Nataliya Shchegolkova^{b,c}

^aFaculty of Environmental Science, VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Ha Noi, Viet Nam, nguyenmanhkhai@hus.edu.vn

^bSoil Science Faculty, MSU, Moscow, nshchegolkova@gmail.com

^cWater Problems Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow,

Together with urbanization and socio-economic development, sewage sludge is being increasingly addressed by environmental regulators and much concerned by communities. Sewage sludge is generated mainly from wastewater treatment activities and urban drainage and sewerage dredging. Although, this sludge contains nutrients such as nitrogen and phosphorus, the accumulation of contaminants, particularly, heavy metals, organic persistent toxic substances and pathogens may cause toxic effects in aquatic biota and, potentially, in human receptors.

Common processes for sewage sludge treatment are gravity thickening, chemical conditioning, anaerobic digestion, dewatering and disinfection, followed by final disposal, including incineration, composting, land application, and landfill etc. For agricultural use, there will be an increasing need to use advanced treatments to remove pathogen and potential toxic substances. However, sewage sludge is generally not acceptable for natural forests due to their special ecology. The exist treatment and disposal of sewage sludge are costly, environmental unfriendly, and generate the secondary pollutants. Incineration is a high cost option and is not having public acceptance because of the ability of control gas emissions. Landfill has been found to be the lowest cost method, but it is an unsustainable approach due to toxic gases, leachate pollution and the loss of recyclable materials.

The increasing amount of sludge and stricter environmental quality standards of its disposal have stimulated the need for searching technologies to process sewage sludge efficiently and economically. In this research, different types of sewage sludge (quantitative and qualitative) were investigated and analyzed.

The preliminary result showed that in Hanoi city, Vietnam annually 500-700 tons of sludge are collected from the septic tank and about 120,000 - 150,000 tons/year from urban drainage system. As predicted to 2030, in -center metropolitan area, Hanoi city will generate about 345,450 tons/year septic tank sludge; 161,210 tons/year sewage sludge from urban drainage and 304,699.81 tons/year sewage from municipal wastewater treatment plants. The sewage sludge properties found large water content ranges from 71.0 to 93.0%; total solids (TS) varies from 0.99 to 25.4%, total volatile solids (VS) is in the range of 15.6 – 84.0% of TS. Sludge has a neutral pH, varies from 6.8 to 7.7. The organic content in the sludge is relatively high and significant different between the septic sludge and the sewage sludge from the municipal wastewater treatment plants, 26.71 - 69.51% dry weight, respectively. Total nitrogen and total phosphorous content varies from 0.17 – 3.64% and 0.68 – 2.45% dry weight, respectively. With large quantities of sewage sludge generated and high content of organic, nitrogen and phosphorus, sludge from the municipal wastewater treatment plants is potential to utilize for agriculture. However, the high content of heavy metals (e.g. Cu, Cd, Pb, Cr, Zn), especially Cu and Zn in sludge requires the pre-treatment before reuse sludge. Some heavy metals exist in the sludge in various forms including organic bond and carbonate bond such as Zn, Cd, Pb, Cu. Whereas, Cr exists mainly in stable form. In addition, microorganism (e.g. *E. coli* and *Salmonella*) found in most types of sewage sludge, particularly sludge from septic tanks that is also required to be treated.

In further studies, the appropriate technologies for sewage sludge treatment and utilization will be properly investigated followed by cost benefit analysis so they can put into practice in urban areas and megacities.

Keywords: sewage sludge, utilization, recycle, urban, megacities, treatment

COMBINE APPLICATION OF *TRICHODERMA* SPP. AND LIGNOHUMATE TO DECREASE CLUBROOT DISEASE AND PROMOTE THE GROWTH OF CABBAGES IN BALI-INDONESIA

Ketut Suada¹), Anak Agung Ngurah Gede Suwastika¹), Nyoman Rai¹), Gusti Ngurah Santosa¹), Wayan Budiasa¹), Rodion Poloskin²), Olga Yakimenko³), and Nataliya Shchegolkova³)⁴)

¹)Faculty of Agriculture, Udayana University, Denpasar, Indonesia;

²)Manager of Lignohumate Plant Factory, Russia,

³)Faculty of Soil Science Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

⁴) Institut of Water Problems RAS Moscow, Russia;

ketutsuada@unud.ac.id

The high economic value of cabbage crops leads farmers to make various efforts to suppress the pathogen of club root which is detrimental to plants. Efforts that need to be put forward must be safe for the environment. One way that is environmentally friendly is to control a pathogen biologically using antagonistic microbes. Therefore, the use of microbes such as *Trichoderma* which has been widely studied, is important because it was able to suppress clubroot incidence, and stimulate plant growth as well. Meanwhile, the need for plant nutrients to maximize plant growth requires an input of organic materials such as Lignohumate which contain nutrients and can improve soil structure and increase plant resistance to biotic and abiotic stresses.

The previous year's study on this scheme had found an effective indigenous *Trichoderma* to suppress clubroot and would be used in this study. The purpose of this study was to obtain a combination treatment of *Trichoderma* and Lignohumate which can suppress clubroot and increase plant growth. This experiment used a Randomized Block design with 2 factors and 3 replications. *Trichoderma* concentration consisted of 3 levels, namely 0, 1×10^6 spores, 2×10^6 spores, 3×10^6 spores per plant which were suspended in 150 ml of water. The lignohumate treatments were 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 and 2% per liter of water.

The results obtained were lignohumate treatment interacting with *Trichoderma* population number on disease incidence, total clubroot, root dry weight, but not to canopy dry weight. The combination of treatments that gave the best effect was the *Trichoderma* treatment population of 3×10^6 spores (15 g) in combination to lignohumate of 0.5% which resulted to the lowest disease incidence, lowest total clubroot, root dry weight, highest canopy dry weight. Lignohumate concentration of 0.5% able to stimulate microbial growth. The higher the lignohumate concentration, the higher the number of microbes (fungi and bacteria) growth, however, after a lignohumate concentration of 0.5% the microbial population decreases.

Keywords: cabbage, clubroot, *Trichoderma*, lignohumate.

Секция 5. Гумусное состояние почв, региональные аспекты

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА КАРА-БАЛТА.

Айдаралиева Ч., Худайбергенова Б.М., Жунушов А.Т.
Международная Высшая Школа Медицины, Институт биотехнологии НАН КР
г.Бишкек, e-mail: aidyralieva_153@mail.ru

Территория Кара-Балтинского уранового хвостохранилища была заложена более 60 лет назад и значительно изменила растительный покров местности. Накопление различных факторов загрязнения в почве приводит к количественному и качественному изменению органического вещества почвы. Нами изучены почвенные консорциумы на территории хвостохранилища Кара-Балта, представляющие собственные экосистемы с участием специфичных для данных местностей бактерий и грибов.

Материалы и методы. Содержание азота в почве определяли по методу Кьелдаля, содержание углерода по методу Тюрина. Элементный состав почвенных образцов определяли спектрометром DELTA.

Результаты и обсуждение. Для ряда образцов почв, взятых по направлению уменьшения радиационного градиента отмечается увеличение содержания гумуса. В точке наименьшего радиационного загрязнения установлены наиболее высокие значения гумуса в почвенных образцах. В отношении содержания тяжелых металлов, проверенных с помощью спектрометра DELTA, существенных различий не выявлено. Содержание азота варьировало от 0,13% в т. начала градиента до 0,26% в чистой зоне.

В начале 2000-х данная территория показывала высокие концентрации (максимально-допустимые) для Mo, Pb, Co, Cd, даже на приусадебных участках жилых домов. Наиболее опасными были концентрации Cr и As. В наших исследованиях значения Co, Mo и Pb значительно уменьшаются с удалением от хвостохранилища. На расстоянии 500 м. концентрации некоторых элементов не превышают концентрации в чистой зоне. Возможно, с помощью атмосферных осадков происходит элюирование элементов с участка. Помимо хвостохранилища соседние промышленные предприятия вызывают загрязнение такими металлами, как хром, железо, свинец.

Следует отметить два момента на всем участке отбора проб, которые показывают высокий уровень содержания Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Mo, Pb - это точки А3 и А4. Концентрации этих элементов значительно превышают показатели в других местах. Параметры гумуса и углерода также немного выше в данных образцах, чем в остальных. Микроорганизмы, грибы и простейшие непосредственно участвуют в формировании гумуса и разложении органических остатков. Основная часть экологических функций почвы осуществляется за счет наличия последних. Кроме того, многие микроорганизмы участвуют в разрушении некоторых типов минералов (Fe, Mn, S, Ca, Al и др.), способных переходить в мобильное состояние и участвовать в почвообразовании. Прямое воздействие на минеральную часть почвы происходит при ферментативном окислении и восстановлении минералов, содержащих элементы переменной валентности.

Некоторое увеличение содержания гумуса на выбранном участке может быть связано с тем, что почвенный покров был завезен из других мест для заполнения хвостохранилища. В то же время значительная разница концентраций металлов в точках А3 и А4 по сравнению с другими точками как с одним, так и с соседним горизонтом может свидетельствовать о микробиологическом участии.

При изучении особенностей выщелачивания пород с повышенной радиоактивностью Абдуллин Р. И др. обнаружили высокие концентрации силикатных бактерий, намного превышающих их концентрации в образцах марганцевых и медных руд. В значительных количествах были

установлены грибы и аммонифицирующие бактерии [1]. Возможно высокое содержание железа, меди, магния в некоторых образцах может свидетельствовать о метаболической активности подобных бактерий.

1. Abdullin R.R., Babich T.//Microorganisms extracted from underground waters polluted by radionuclides// (lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2014/2481/2481)

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГА БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ

¹Балданов Н.Д., ²Корсунова Ц.Д-Ц.

¹ИЗКиМ БГСХА им.Филиппова; ²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, 670047, Улан-Удэ, ул.Сахьяновой,6.

E-mail:zinakor23@yandex.ru

Согласно современным понятиям, гумусовые кислоты почв представляют собой группу высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений, имеющих циклическое строение и значительно варьирующих по составу и свойствам. Одной из важнейших и устойчивых идентификационных характеристик гумусовых кислот является элементный состав. Его используют не только в качестве характеристики гумусовых кислот как особого класса органических соединений, но и для интерпретации генезиса почв. По элементному составу дается оценка особенностей органического вещества типов, подтипов, разновидностей почв в целом и отдельных генетических горизонтов. Являясь отражением условий почвообразования, он всецело зависит от них и в первую очередь от химического состава разлагающихся растительных остатков и условий гумификации, что убедительно показано во многих исследованиях. Сведения об элементном составе в настоящее время позволяют получить значительную информацию об общих принципах построения, об уровне конденсированности, «зрелости» гуминовых кислот и для оценки степени гумификации. Накопленные данные очень многочисленны и продолжают пополняться до настоящего времени.

Объекты и методы исследования: - аллювиальные луговые почвы, лугово-болотные, а также препараты гуминовых кислот (ГК), выделенные из аллювиальных луговых и лугово-болотных почв.

Определение элементного состава гуминовых кислот аллювиальной луговой и лугово-болотной почвы, проводилось на автоматическом элементном СНN-анализаторе в 3-х повторностях. Содержание кислорода рассчитывалось по разности.

Среднее содержание углерода в ГК аллювиальной луговой и лугово-болотной почвы составляет соответственно 56,2 и 53,65 %. Это объясняется тем, что в лугово-болотных почвах условия для развития микрофлоры складываются хуже, чем в аллювиальных луговых. В первых почвах происходит снижение минерализации органических веществ, которая обуславливает накопление и возрастание доли алифатических структур в молекуле ГК, что в свою очередь приводит к относительному снижению углерода.

Полученные данные показывают, что гуминовые кислоты лугово-болотной почвы содержат меньше углерода по сравнению с ГК аллювиальной луговой почвы. По данным разных авторов (Бильдебаева, 1977; Кленов, 2000), эта величина в аналогичных почвах европейской части России, Западной Сибири почти такие же: 54,5 - 55,5 %. Содержание водорода в препаратах ГК находится меньше в сравнении с почвами европейской части России и Западной Сибири и составляет по нашим данным в аллювиальной луговой 3,5 % а в лугово-болотной почве 3,7%. Содержание азота в препаратах ГК в аллювиальной луговой и лугово-болотной почвах содержится 3,64 и 3,35 % соответственно. Содержание кислорода в ГК лугово-болотной почвы составляет 39,3 %, аллювиальной луговой - 36,67 %. Тем не менее, содержание элементов в массовых долях для исследуемых ГК почв находятся в пределах, свойственных данной группе соединений.

КАРБОКСИМЕТИЛИРОВАННЫЙ ТОРФ – НОВЫЙ СТИМУЛЯТОР РОСТА РАСТЕНИЙ

Ефанов М.В., Чумак В.А., Сартаков М.П., Ананьина И.В.

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», г. Ханты-Мансийск, m_efanov@tp86.ru

Введение

Гуминовые стимуляторы роста из торфа получили широкое применение в сельском хозяйстве [1]. Целью настоящей работы является разработка нового карбоксиметилированного стимулятора роста растений из торфа для изучения возможности его применения в сельском хозяйстве [2].

Объекты и методы исследования

Стимулятор получали карбоксиметилированием низинного торфа механохимическим способом под действием монохлорацетата натрия в присутствии NaOH, при различных мольных соотношениях реагентов от 1:1:0,5 до 1:1:2,5 в течение 30 мин при 25 °С. Химический состав стимуляторов роста приведен в таблице.

Таблица. Химический состав стимуляторов роста из торфа

Образец	Мольное соотношение ОНторфа:NaOH:MXANa	Содержание карбоксиметильных групп, %	Содержание карбоксиметилированных гуминовых кислот	Содержание %		Растворимость в воде, %
				Карбоксиметилированных полисахаридов	Карбоксиметилированного лигнина	
Стимулятор № 1	1:1:0,5	21,7	32,9	28,5	20,1	71
Стимулятор № 2	1:1:1,5	25,2	32,5	28,8	20,8	76
Стимулятор № 3	1:1:2,5	25,4	32,7	29,2	21,2	84

В качестве препарата для полевых исследований использовали Стимулятор № 2. В качестве сельскохозяйственной культуры для испытаний использован картофель следующих среднеранних сортов: «Невский», «Браво», «Горняк» и «Чудесник». В качестве контроля служил вариант обработки клубней водой. В качестве показателя эффективности применения стимулятора роста из торфа использовали урожайность клубней картофеля, т/га. Схема полевого опыта (2018 год): Обработка клубней картофеля водой (контроль). Замачивание клубней картофеля в 0,001, 0,01 и 0,1 %-ных водных растворах Стимулятора № 2.

Обсуждение результатов

Установлено, что при карбоксиметилировании торфа механохимическим методом получают водорастворимые на 71 – 84 % карбоксиметилированные препараты, содержащие до 32,9 % гуминовых кислот (табл.). Показано, что полученные продукты являются стимуляторами роста, повышающими урожайность картофеля на 20-57 % по сравнению с контролем.

Выводы

Таким образом, при карбоксиметилировании торфа получают препараты, содержащие до 32,9 % гуминовых кислот, растворимые в воде и стимулирующие рост картофеля, повышающие его урожайность на 20-57 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства ХМАО-Югры (проект № 18-43-860001_p_a).

Список литературы

1. Гороя А.И., Орлов Д.С., Щербенко О.В. Гуминовые вещества. - Киев: Наукова думка, 1995. - 304с.
2. Ефанов М.В., Яговитин Д.В. Способ карбоксиметилирования торфа. // Патент РФ № 2656461. Опубл. 05.06.2017. Б.И. № 16.

ИЗМЕНЕНИЕ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ СТЕПНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ТУВЫ

Жуланова В.Н.

Тувинский государственный университет, Кызыл, zhvf@mail.ru

Географическое положение Республики Тува в центре азиатского материка на большом расстоянии от океанов создают особенные природно-климатические условия для данной территории. Основная особенность климата Тувы – резкая континентальность. Это способствует появлению в почвенном покрове свойств крайней аридности и формированию почв различных в генетическом отношении.

Объектом исследования служили почвенные разрезы, заложенные на земледельческой территории Тувы, приуроченные к конкретным межгорным котловинам. В отобранных почвенных образцах были определены основные химические и физико-химические показатели по стандартным методикам. Оценка гумусного состояния почв сельскохозяйственного использования проводилась по авторским материалам [1]. Запасы гумуса на единицу площади оценили с учетом плотности сложения почвенных горизонтов.

В настоящее время использования почвенного покрова в Республики Тува ведется не интенсивно. В 1976 г. общая площадь пашни составляла более 493 тыс. га или 11% от общей площади сельскохозяйственных угодий республики, а в 2017 г. – 135 тыс. га (4%).

В сухих степях региона преобладают каштановые почвы (70%). Почвы эти в слабой и средней степени дефлированные. Малое количество выпадения осадков обусловило распространение этих почв на данной территории, которые характеризуются особенностями такими, как небольшой концентрацией растительных остатков в слое 0-20 см, слабое накопление гумуса, небольшую мощность гумусового горизонта, малое накопление влаги и супесчаным гранулометрическим составом. В типе каштановых почв региона выделяют три подтипа: темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые. Верхняя граница карбонатного горизонта в любом подтипе каштановых почв всегда очень резкая. Реакция среды в гумусовом горизонте нейтральная или слабощелочная, в нижних горизонтах – щелочная. Емкость поглощения коррелирует с количеством гумуса и содержанием физической глины.

По полученным данным, по содержанию гумуса почвы земледельческой территории Тувы выстраиваются в следующий убывающий ряд: темно-каштановая > каштановая > светло-каштановая (таблица). Ошибка средних значений параметра для этих почв находится в пределах 0,1-0,15, коэффициент вариации в темно-каштановой почве – небольшой, а в каштановой и светло-каштановой – средний [2].

Таблица – Статистические параметры содержания гумуса в 0-20 см слое каштановых агропочв Тувы, %

Почва	n	min-max	$X \pm S_x$	S	V
Темно-каштановая	46	2,27-4,85	3,44±0,10	0,66	19
Каштановая	76	1,43-4,50	2,65±0,11	1,01	38
Светло-каштановая	27	1,42-3,82	2,18±0,15	0,77	35

По материалам VII агрохимического обследования сельскохозяйственных угодий ФГБУ ГС агрохимической службы «Тувинская» 85% почв земледельческой территории имеют низкое содержание гумуса, среднее – 14% и высокое – 1%, а в 1981-1986 гг. 75% пахотных почв имели

низкое содержание гумуса и 10% – высокое [1]. В 1987-1993 гг. в республике площадь с высоким содержанием гумуса уменьшилась до 9%, а в 2005-2011 гг. – до 1%. В настоящее время средневзвешенная величина гумуса по региону составляет 2,87%. За последние 50 лет в регионе площадь почв с высоким содержанием гумуса уменьшилось в 8 раз. Запасы гумуса в верхнем слое почв коррелируют с содержанием гумуса. Запасы гумуса снижаются от темно-каштановой (72 т/га) к светло-каштановой (46 т/га). На агроземлях снижение гумуса произошло за счет дефляционных процессов, применения паровых полей, где шла интенсивная минерализация гумуса.

Итак, за годы сельскохозяйственного использования в почвах Тувы произошло уменьшение содержания гумуса и запасов гумуса в слое 0-20 см. Уровень гумусности в агропочвах низкий. Гумусовое состояние степных каштановых почв земледельческой территории Тувы оценивается как низкое и очень низкое.

Литература

1. Жуланова В.Н. Агрогенная эволюция почв Тувы. – Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2016. 232 с.
2. Савич В.И. Варьирование свойств почв во времени и пространстве // Докл. ТСХА, 1971. Вып. 162. С. 111-115.

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАПОВЕДНЫХ ЦЕЛИННЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Кунанбаев К.К., Жлоба Л.Д., Зуева Н.Б., Чуркина Г.Н., Рукавицина И.В.

ТОО «Научно – производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева», п.Шортанды, Республика Казахстан, prsecolab@mail.ru

Одним из важных компонентов почв, влияющих на биологические, физические, физико-химические свойства и в целом на плодородие почв, является органическое вещество. Наиболее продуктивными типами почв являются черноземы. Они обладают рядом ценных агрофизических и агрохимических свойств позволяющих использовать их для возделывания сельскохозяйственных культур. Целинная почва, на которой проводилось исследование, является стандартом, по которому оценивается степень гумусоаккумуляции целинных и пахотных почв. Территория целинного участка достаточна, типична для сухостепной зоны Северного Казахстана и располагается в 30 км от научного центра. Для растительного покрова целинного участка характерно преобладание ковыльно-типчаковой растительностью с примесью разнотравья. Целинный участок характеризуется низким содержанием подвижных форм азота (1,72 мг/кг) и фосфора (13,5 мг/кг). Уровень эмиссии углекислоты на целине достаточно низкий и колеблется в пределах 2,0 – 2,28 кг/га в час. Целью исследования было изучение гумусного состояния целины по групповому составу гумуса.

Определение содержания органического вещества в почве проводилось по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213) на спектрофотометре Cary 50 (Varian). Групповой состав гумуса определяли ускоренным пирофосфатным методом по Кононовой и Бельчиковой окончание титрованием.

В пахотном слое целинного участка содержание органического вещества оценивается как среднее (Таблица 1). Содержание лабильного гумуса достаточное высокое. Это позволяет в случае распашки почв минерализовать органическое вещество и повышать содержание нитратного азота в почве. Гумус южного карбонатного чернозема целинного участка характеризуется преобладанием группы гуминовых кислот над фульвокислотами и относится к фульватно-гуматному типу. Степень гумификации органического вещества средняя. Запасы гумуса по Орлову, меньше 100 т/га поэтому относятся к почвам с невысокими запасами.

Таблица 1 – Групповой состав гумуса целины в слое 0 – 20 см

Гумус	C _{общ}	C _{лаб}	C _{гк}	C _{фк}	C _{гк} :C _{фк}	Степень гумифицированности	Запасы гумуса
%							т/га
4,91	2,87	0,91	0,59	0,32	1,84	20,6	97,2

Широкое соотношение гуминовых и фульвокислот указывает на накопление устойчивой фракции гуминовых кислот. Преобладание в составе гумуса черноземов гуминовых кислот сложной природы со слабо выраженными гидрофильными свойствами определяет его инертность. Гуминовые кислоты черноземов имеют более высокое содержание углерода. В свою очередь фульвокислоты в черноземах отличаются от гуминовых кислот низким содержанием углерода. При средней степени гумифицированности, процессы гумификации происходят достаточно медленно, что обусловлено дефицитом увлажнения в период летних высоких температур, и приводит к снижению микробиологической активности. Таким образом, целинный заповедный участок имеет тенденцию к накоплению органического вещества в почве.

Работа была выполнена в рамках проекта: Управление экологическими рисками при производстве зерна на основе различной степени интенсификации земледелия в целях предотвращения неблагоприятных эффектов для здоровья населения и окружающей среды. ИРН BR05236351

Литература.

1. Органическое вещество целинных и освоенных почв. Под редакцией Кононова М.М. М.: Наука, 1972. - 277 с.
2. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. М.: Высшая школа, 2005. – С. 386 – 388.

ОЦЕНКА ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОД ДРЕВЕСНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Наумов В.Д., Поветкина Н.Л

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева,
г. Москва. E-mail: solnaumov@yandex.ru

Древесные насаждения влияют не только на наличие консервативных частей гумуса, но и на его лабильные соединения. В настоящее время имеются различные точки зрения о роли древесных насаждений (чистых и смешанных, хвойных и лиственных) на свойства дерново-подзолистых почв и качественный состав гумуса. Объекты исследования послужили дерново-подзолистые почвы и древесные растения пробных площадей Лесной опытной дачи (ЛОД) РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Исследования проводились в насаждениях с древостоями, различающимися по породному составу (лиственные и хвойные), по составу (чистые и смешанные), по происхождению (естественные и искусственные). Лесоводственно-таксационные показатели насаждений определялись по материалам подеревных перечетов на пробных площадях. Морфологическое описание почв, отбор образцов, анализы почв проводились по общепринятым методикам.

Проведенные исследования в почвах пробных площадях ЛОД показали, что между мощностью лесной подстилки, гумусовым горизонтом, содержанием гумуса и его качественным составом, а также полевой влажностью выявлен общий характер распределения, что свидетельствует о тесной их взаимосвязи. Схожий характер выявлен между распределением величин мощности лесной подстилки и гумусового горизонта, а также полевой влажности и содержанием гумуса в горизонте А₁.

Почвы пробных площадей ЛОД характеризуется неоднородностью. Выявленные классификационные различия дерново-подзолистых почв может быть объяснены как расположением пробных площадей на разных геоморфологических поверхностях, их историей, так и влиянием древесной растительности различного состава. Почвообразующие породы: морена (от песчаного до среднесуглинистого гранулометрического состава).

Полевая влажность под чистыми дубовыми и чистыми хвойными древостоями выше, чем в почвах под смешанными насаждениями. На протяжении летнего периода (июнь-август) наблюдается закономерное снижение величины полевой влажности в почвах, которая достигает минимальных значений в августе. С сентября по октябрь наблюдается увеличение величины полевой влажности в почвах на всех пробных площадях. Максимальное значение мощности лесной подстилки определено

на пробной площади под чистыми дубовыми древостоями. Изучение динамики мощности лесной подстилки по месяцам (июнь-октябрь, апрель-май) показало, что её мощность в 2 -5 раз выше под лиственными древостоями, чем под хвойными. Максимальную мощность горизонта A_1 ($12,4 \pm 1,7$ см) имеют почвы под чистыми дубовыми древостоями, в почвах под хвойными насаждениями он значительно меньше ($3,8 \pm 0,9$ см). Между мощностью гумусового горизонта и мощностью лесной подстилки под древостоями различного состава выявлена сильная положительная корреляция ($r=0,98$). Более высокое содержание гумуса (4,21%) определено в почвах под чистыми дубовыми древостоями. В почвах под смешанными лиственными древостоями с преобладанием дуба содержание гумуса колеблется от 3,25 до 3,65%. В почвах под чистыми и смешанными сосновыми насаждениями содержание гумуса находится в диапазоне от 2,84 до 3,08%.

Дерново-подзолистые почвы характеризуются гуматно-фульватным составом гумуса (отношение Сгк:Сфк - 0,5-1,0). Максимальными значениями величины Сгк:Сфк в почвах выявлены в период с мая по август. В осенний период этот показатель снижается в почвах под всеми древостоями и достигает своего минимума в октябре месяце. После зимнего периода его значение снова увеличивается. Максимальные отношения Сгк:Сфк определены в почвах под дубовыми насаждениями, причем под чистыми древостоями оно выше, чем под смешанными. Схожая закономерность наблюдается под хвойными древостоями – под чистыми сосновыми показатель Сгк:Сфк несколько выше, чем под условно-чистыми с первым ярусом из липы. При этом содержание Сгк в октябре месяце в почвах под лиственными древостоями выше и колеблется от 17,9 до 23,1%, под хвойными от 14,6 до 16,3%. Содержание углерода фульвокислот колеблется соответственно от 30,1 до 34,2% и от 28,6 до 33,6%. Установлено, что породный состав древостоев не оказывает влияния на содержание в почвах Сфк, отсутствует и сезонная динамика данного показателя. Содержание негидролизуемого остатка колеблется в почвах как под различными по составу древостоями, так и в сезонной динамике. Не выявлено каких-либо закономерностей в почвах под насаждениями разного состава и в сезонной динамике по данному показателю.

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ЗЕРАВШАНСКОЙ ДОЛИНЫ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

Ортиков Т.К., Сонаян Л.В.

Самаркандский институт ветеринарной медицины, г.Самарканд, ortikovt@mail.ru

В управлении плодородием почвы большое значение имеет её гумусное состояние. Повышение гумусного состояния почвы улучшает все её свойства. Изучение условий формирования гумусного состояния почвы, влияние различных естественных и антропогенных факторов на его дает большие возможности в правильном управлении плодородием почвы. В Зеравшанской долине распространены разные типы и подтипы почвы, таких как сероземы, сероземно-луговые, лугово-сероземные, луговые, серо-бурые, такырные и другие почвы. Условия формирования гумусного состояния этих почв различные. Изучив связь этих факторов с гумусным состоянием можно определить роль каждого из них и их сочетание в формировании гумусного состояния почв Зеравшанской долины Узбекистана.

Для изучения этих факторов были организованы несколько почвенных экспедиций по Зеравшанской долине, а также были заложены полевые и вегетационные опыты. Опыты проводились по общепринятым методикам. Анализы почвы осуществлялись с помощью стандартных методов. Для характеристики гумусного состояния почв изучали содержание и запас гумуса, его групповой и фракционный состав, мощность гумусового горизонта, процесс гумификации люцерновой массы, меченных изотопом углерода-14.

В Зеравшанской долине в горных и предгорных поясах распространены бурые и коричневые почвы, сероземы и луговые почвы. Самое большое содержание и запас гумуса имеют бурые и коричневые почвы, но они распространены на горных территориях. Поэтому они не используются в сельском хозяйстве. В луговых почвах содержание и запас гумуса больше, чем в сероземах. При резком изменении механического состава почв сильно меняется гумусное состояние генетических

горизонтов в одном и том же почвенном разрезе. Во всех подтипах сероземов снижение содержания гумуса сверху вниз по генетическим горизонтам происходит постепенно. Вместе с этим, в сероземах с повышением высоты над уровнем моря увеличивается содержание и запас гумуса. При этом повышается мощность гумусового горизонта. В луговой почве сильно меняется механический состав по профилю почвы. При утяжелении механического состава нижнего горизонта увеличивается содержание гумуса по сравнению с верхним горизонтом. Кроме того, в луговых почвах содержание гумуса между генетическими горизонтами сильно различается, идёт резкий скачок. Это связано с различием аллювиальных отложений по генетическим горизонтам.

Сильным фактором, влияющим на гумусовое состояние сероземов является процесс эрозии. Так как, сероземы в основном расположены в предгорных поясах, где поля имеют большой уклон. Смыв почвы при ирригационной эрозии снижает их гумусное состояние.

В пустынной зоне Зеравшанской долины, в основном, распространены серо-бурые, такырные, луговые почвы. В отличие от сероземного пояса, почвы пустынной зоны засолены. Кроме того, климат этой зоны более засушливый и жаркий. Все это сильно влияет на содержание, запас и качество гумуса. В засоленных почвах очень слабо идут процессы гумификации. Это связано с ослаблением активности микробиологических процессов гумусообразования при высоком содержании воднорастворимых солей. Вместе с этим, усиливается процесс разложения органических веществ при жарком климате в условиях орошения. Все это приводит к очень низким содержаниям и запасам гумуса. Поэтому в серо-бурых и такырных почвах содержание гумуса очень низкое. В этих почвах большое влияние на гумусное состояние имеет высокое содержание катиона натрия в почвенно-поглощающем комплексе (ППК). При высоком содержании катиона натрия в ППК почва теряет структурность, уплотняется и при этом нарушаются ее водные и воздушные свойства, что ухудшает условия гумусообразования, повышает подвижность гумусовых веществ, которые приводят к снижению содержания и качества гумуса. Поэтому в этих почвах, в первую очередь, надо будет снижать содержание воднорастворимых солей и катиона натрия в ППК. На этом фоне увеличивается эффект агротехнических мер, повышающих содержание гумуса.

ОЦЕНКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ СЕВЕРО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ.

Персикова Т.Ф.

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки
persikova52@rambler.ru

Состояние агрохимических свойств почв наиболее объективно отражает характер ведения сельскохозяйственного производства. Высокоплодородные почвы лучше противостоят механическим и техногенным нагрузкам, снижают негативное действие токсических веществ. Для оценки состояния плодородия почв сельскохозяйственных земель, разработки мероприятий по поддержанию и повышению плодородия проводится агрохимическое обследование. Крупномасштабное агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных земель в республике проводится областными проектно-изыскательскими станциями по химизации сельского хозяйства (ОПИСХ) с 1965 г. и носит плановый характер с периодичностью раз в четыре года.

Плодородие дерново-подзолистых почв тесно связано с содержанием органических веществ. Заметные изменения баланса органических веществ в почвах и накопления его наиболее ценной части – гумуса можно увидеть только за длительный период времени. В Беларуси традиционно высока роль органических удобрений, поскольку они являются незаменимым и повсеместно доступным источником пополнения запасов гумуса и элементов питания в почве. В связи с удорожанием энергоносителей, уменьшением поголовья скота и сокращением использования торфа, внесение органических удобрений на пахотных землях Беларуси в период с 1990 до 2005 гг. уменьшилось от 14,4 до 6,2-6,3 т/га. Одновременно сократилась с 26,1 до 14,2% доля посевов многолетних трав, главного гумусообразующего и почвозащитного фактора современного земледелия. Если в 1996 г. в среднем по Беларуси на 1 га пропашных культур приходилось 2,8 га многолетних трав, то в 2012 г.

это соотношение составило 0,5 в 2016 – 0,8. При такой структуре посевов процессы минерализации гумуса существенно превышают процессы его синтеза. Три десятилетия на пахотных почвах Беларуси поддерживался положительный баланс гумуса. Это было достигнуто за счет большого выхода навоза на торфяной подстилке и расширения доли многолетних трав до 24-30% от общей посевной площади. В результате средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах было повышено с 1,77% в 1965 г. до 2,28% в 1996 г. (на 18 т гумуса в пахотном слое на 1 га). За последующий период (1997-2012 гг.) средневзвешенное содержание гумуса снизилось на 0,05%. По отношению к предыдущему туру обследования (2009-2012 гг.) за последние 4 года (2013-2016 гг.) содержание гумуса по республике увеличилось на 0,02% (от 2,23 до 2,25%).

Содержание гумуса в пахотных почвах сильно различается по областям и районам республики в зависимости от преобладающих разновидностей почв. Витебский район Витебской области расположен в северо-восточной части Беларуси. В почвенно-географическом районировании относится к Северной (Прибалтийской) провинции, Северо-восточному округу, Витебско-Лиозненскому району дерново-подзолистых пылевато-суглинистых и супесчаных почв. Преобладающие почвы – дерново-подзолистые сильно- и среднеподзоленные, местами эродированные на легких водно-ледниковых слабозавалуненных суглинках, подстилаемых моренными суглинками. По результатам последнего тура обследования по району уже наблюдается небольшое снижение содержания гумуса как в почвах пашни, так и луговых земель. В пахотных почвах района средневзвешенное содержание гумуса за последние 4 года снизилось на 0,08% и составило 2,49%, причём почвы 4 группы (2,01-2,50%) составляют 36,1%, 5-ой (2,52-3,00%) – 25,8%, 6-ой (>3%) – 20,6%, 1 и 2-ой (1-1,5%) – 1,7%. Почвы глинистого и суглинистого гранулометрического состава в среднем содержат 2,51% гумуса, супесчаные – 2,46%, песчаные – 2,42%. Отрицательная динамика содержания гумуса за последние 4 года отмечается на почвах улучшенных сенокосов и пастбищ Витебского района. Средневзвешенное содержание гумуса в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ снизилось на 0,04% и составляет 2,59%. Почвы с низким содержанием гумуса (менее 1,50%) занимают только 1,6% общей площади улучшенных сенокосов и пастбищ. Поддержание бездефицитного или положительного баланса гумуса в почвах Витебском районе имеет особую значимость в связи с большим распространением эрозионно-опасных склоновых земель.

В настоящее время Научно-практическим центром НАН Беларуси по земледелию разработана новая экономически обоснованная структура посевных площадей, утвержденная Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, которая ориентирована как на достижение прогнозных показателей развития аграрно-промышленного комплекса страны, так и на восстановление бездефицитного баланса гумуса в почвах. Поэтому наблюдается некоторый позитивный сдвиг в расширении площади многолетних трав и сокращении площади посева кукурузы на зеленый корм. Несомненно, что систему мероприятий, направленных на достижение бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах, необходимо периодически корректировать с учетом существующей структуры посевных площадей. Комплекс этих мероприятий должен включать рациональное использование традиционных органических удобрений, запарку возможных объемов соломы и других растительных остатков (ботва сахарной свеклы, стебли кукурузы после уборки на зерно и др.), а также применения торфа для утилизации полужидкого навоза.

КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ ПРИ ОЧИСТКЕ ПРИРОДНЫХ ВОД В ПРИСУТСТВИИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Попова А.А., Беданок Р.А.

Майкопский государственный технологический университет, г. Майкоп,

e-mail: ang.popova@gmail.com

Гумусовые вещества (ГВ), играющие первостепенную роль во всех биогеохимических процессах, отвечают за цветность и мутность природных вод [1].

Осветление и обесцвечивание воды поверхностных источников для получения питьевой воды является основными технологическими приемами водоподготовки. Для этого в качестве коагулянтов применяют гранулированный сульфат алюминия (ГСА) и полиоксихлорид алюминия (ОХА), обладающие хорошими эксплуатационными и экономическими показателями и коагулирующие в водных средах. Осветляющее действие данных коагулянтов зависит от заряда, размера и формы частиц продуктов гидролиза солей и дисперсных примесей воды.

Исследование кинетики изменения оптической плотности проб природной воды (ПВ), содержащей тонкодисперсную взвесь ГВ в концентрации до 0,5 г/л, показало, что оптическая плотность A растворов уменьшается во времени до величины, соответствующей времени структурообразования $t_s = 4$ мин вследствие формирования равновесной, возможно, сетчатой структуры в результате комплексообразования за счет пептидных и сложноэфирных связей. По достижении времени t_s A стабилизируется и не меняется во временном интервале до 60 мин [2,3].

В результате адсорбции на твердых частицах негидролизующего ГВ отрицательно заряженных карбоксильных групп различного состава, определяемых в пробах воды с загрязняющими веществами методом КЗЭ, и последующего электростатического взаимодействия с противоионами формируются коллоидные частицы, примерный состав которых отражает схема [4]:



Добавление в раствор ОХА или ГСА, в водных средах также образующих коллоидные частицы, приводит к усилению снижения A . Увеличение концентрации коагулянта вызывает немонокотное изменение A с пологим минимумом зависимости $A-D_k$ в области $D_k = 100-130$ мг/л. Дальнейшее накопление коагулянта приводит к незначительному росту A , и при $C_k > 150$ мг/л доза коагулянта не влияет на оптическую плотность системы, что характеризует окончательное формирование двойного электрического слоя коллоидных частиц в области концентрации коагулянта 100-130 мг/л [5,6]. Электрокоагуляция в ПВ при добавлении ГСА происходит при снижении электрокинетического потенциала, эффективной толщины двойного электрического слоя при значительном размывании диффузной части ДЭС, что приводит к увеличению размера частиц, а, следовательно, скорости коагуляции, и снижению оптической плотности системы. В условиях поляризации активные центры молекулы коагулянта вступают во взаимодействие с коллоидными частицами ГВ. В адсорбционном слое мицеллы накапливается гидрофобная часть ГВ, снижая устойчивость системы. Это приводит к ускорению коагуляции с образованием коагулята, поглощаемого на дополнительных устройствах очистки.

Литература.

1. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. - М.: Изд. МГУ, 1990. - 325 с.
2. Попова А.А., Попова Т.Б. Кинетические закономерности процесса осветления воды в присутствии коагулянтов//В сб.: Повышение эффективности и экологическое использование ресурсов сельскохозяйственного производства. 2016. С. 165.
3. Popova A., Popova T. Investigation of kinetics of nature water refinement// Australian Journal of Scientific Research. 2014. № 1(5). V. 3. P. 62-69.
4. Попова А.А., Беданок Р.А. Кинетические закономерности электрокоагуляции природных вод// Вестник Адыгейского государственного университета. Серия: Естественно-математические и технические науки. 2018. Вып. 2. С. 39-46.

5. Попова А.А., Попова Т.Б, Исследование коагуляции ГСА с компонентами поверхностных природных вод// В сб.: Повышение эффективности и экологическое использование ресурсов сельскохозяйственного производства.2016. С. 166.
6. Попова А.А. Кинетика коагуляционных процессов// Материалы 30 Межд. научно-практ. конф. «Экологические проблемы современности». Майкоп: изд. ИП Кучеренко В.О., 2017.- С.200-202.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ВЕРХОВЫХ ТОРФОВ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Сартаков М.П., Осницкий Е.М., Комиссаров И.Д.

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», г. Ханты-Мансийск, mpsmps@bk.ru
Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень

Введение

Гуминовые кислоты (ГК) выполняют ряд важных биосферных функций и используются в растениеводстве как стимуляторы роста или микроудобрения, прирекультивации загрязненных почв и вод, а также в качестве поверхностно-активных веществ [1]. Целью настоящей работы является выявление особенностей состава, молекулярного строения и свойств ГК в вертикальном профиле верховой торфяной залежи и подстилающего озерного отложения Обь-Иртышского междуречья.

Объекты и методы исследования

Профиль вертикальной торфяной залежи был отобран в 30 километрах к юго-западу от города Ханты-Мансийска в районе полевой учебно-экспериментальной станции «Мухрино» Югорского государственного университета. Данный стационар находится на левобережной террасе Иртыша на типичном болотном массиве (болото «Мухрино»). Образцы торфа отобраны от поверхности до глубины 500 см с шагом 10 см. От поверхности до глубины 370 см вертикальный профиль представлен сфагновым мочажинным, шейхцерицево-сфагновым, шейхцерицевым, сфагновым комплексным, сфагновым фускум торфами. На глубине от 370 см до 500 см профиль состоит из гипново-травяного сапропеля и сапропеля. Извлечение ГК проводилось ранее описанной методике [2], но без деминерализации галогеноводородными кислотами. Изучение свойств ГК проводилось комплексом физико-химических методов: элементный анализ, электронная спектроскопия, спектроскопия ЯМР¹³C, электронный парамагнитный резонанс, термогравиметрический анализ.

Обсуждение результатов

Содержание углерода в ГК, извлеченных из сфагновых торфов около 58%, из шейхцерицевых торфов 56%, из гипново-травяного сапропеля 54%, из сапропеля 52%. Атомные отношения Н/С ГК торфов близки между собой. Н/С ГК сапропелей значительно выше. Н/С ГК гипново-травяного сапропеля занимают промежуточные значения. Коэффициенты экстинкции ГК при длине волны 465 нм растут в ряду ГК сапропелей, ГК гипново-травяных сапропелей, ГК шейхцерицевых торфов, ГК сфагновых торфов. По данным спектроскопии ЯМР¹³C отношения алифатического углерода к ароматическому в ГК всех исследованных образцов близки между собой. Исключением является отношение ГК сапропеля, которое значительно выше. Удельная концентрация парамагнитных центров ГК растет с увеличением глубины залегания образцов. Сравнительная характеристика результатов термического анализа ГК образцов проявляется в различных значениях максимальных температур термоэффектов, которые изменяются от 464,2 до 529°C, и коррелируют с отношением потери массы в низкотемпературной области к высокотемпературной области, изменяющейся от 0,50 до 0,85.

Выводы

Таким образом, ГК можно разделить на три группы по вкладу ароматической составляющей в строение макромолекул. Наибольший вклад ароматической составляющей у ГК сфагнового комплексного, сфагнового фускум торфа, и гипново-травяного сапропеля. Меньшее содержание ароматической составляющей у гуминовых кислот шейхцерицево-сфагнового, сфагнового

мочажинного и шейхцериевого торфа. Наименьший вклад ароматической составляющей у гуминовых кислот сапропеля.

Список литературы

1. Перминова, И. В. Гуминовые вещества – вызов химикам XXI века // Химия и жизнь. – 2008. – № 1. – С. 50 – 56.
2. Комиссаров И.Д., Логинов Л.Ф. Гуминовые препараты, Научные труды Тюменского СХИ, 1971, Т. 14, 266 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ГУМУСОВОГО СОСТАВА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ПОЧВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДОБРЕНИЙ

Тихановский А.Н.

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии, Ямальский отдел, г.Салехард, severagro@vandex.ru

Органические удобрения, вносимые в почву, определяют формирование запасов гумуса, состав гумусовых веществ, а также оказывают комплексное воздействие на все факторы почвенного плодородия. Важнейшим, а для условий Крайнего Севера основным источником органических удобрений является торф. Торф применяли как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями. Экспериментальных данных по действию торфа на групповой и фракционный состав гумуса вечномерзлых почв практически нет.

Наши исследования показали, что применение торфа резко повышало содержание углерода в поверхностно-подзолистой лесотундровой почве. Вместе с тем низкая доза торфа (120 т/га) как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями не оказывает влияния на содержание углерода. Увеличение дозы торфа с 240 до 720 т/га повышало содержание углерода по сравнению с контролем в 1,4-4,1 раза. Под действием высоких доз торфа (240-480 т/га) происходило изменение типа гумуса с гуматно-фульватного на фульватно-гуматный, а при дозе 720 т/га на гуматный.

В результате внесения возрастающих доз торфа увеличилось содержание в почве ГК –1 по сравнению с контролем и то же время произошло снижение содержания фракций ГК-2 и ГК-3, что по-видимому связано с увеличением кислотности и действие ее на изменение содержания этих фракций.

Под действием высоких доз торфа (480-720 т/га и дозы 240 т/га) произошло снижение содержания суммы фульвокислот на 7,5-23,1%. Фракционный состав фульвокислот тоже претерпевал изменения. Произошло снижение содержания фракций ФК-1а и ФК-1, в то же время содержание фракции ФК-2 под действием торфа практически не изменялось. Снижение же произошло содержания фракции ФК-3 с 12-13% до 6,8-7,1%. Такая же закономерность наблюдалась и с содержанием нерастворимого остатка, когда при высокой норме торфа (720 т/га) увеличивается его содержание в почве с 20,2-28,2% до 44,5-46,0% по сравнению с внесенной дозой с торфа 480 т/га и совместным с НРК.

Фракционно-групповой состав гумуса представляет собой комплексную характеристику гумуса. Тип гумуса (Сгк:Сфк) исследуемых почв гуматно-фульватный и под действием высокой дозы одного навоза и совместно с N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ переходит в фульватный-гуматный.

Наши исследования показали, что в гумусе поверхностно-подзолистых элювиально-глееватых вечномерзлых почвах преобладали фульвокислоты. При внесении навоза в дозах 120-240 т/га и N₁₂₀P₉₀K₁₂₀, их содержание в составе гумуса было 45,8-53,5% по отношению к углероду почвы, в то время как гуминовых кислот было 31,9-37,1%. Дозы навоза 120-480 т/га, как в чистом виде, так и совместно с N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ слабо влияли на содержания, накопление гуминовых кислот.

В составе гуминовых кислот преобладают фракция ГК-3 (18,8-23,1%) связанная с устойчивыми полуторными окислами, и фракция ГК –1 (7,6-12,9%) связанная с подвижными полуторными окислами. Фракции ГК –2 присутствует в незначительных количествах – 0,8-1,7%. Внесение навоза

и минеральных удобрений не оказывало влияния на содержание фракционного состава гумусовых кислот.

В составе фульвокислот преобладают фракции ФК-1а и ФК-1 связанные с подвижными полуторными окислами их содержание было соответственно 8,3-19,3% и 8,7-19,3% от С общего. Под действием высокой дозы навоза (480 т/га), как в чистом виде, так и в сочетании с минеральными удобрениями содержание этих фракций снижалось в 1,8-2,3 раза. Содержание фракций ФК-2 и ФК-3 было соответственно 4,8-10,5% и 8,9-15,2% от С общего.

Таким образом под действием навоза 120-480 т/га и торфа 240-720 т/га увеличилось содержание общего углерода от 0,80 до 1,24% и от 1,71 до 4,93, изменился тип гумуса с гуматно-фульватного на фульватно-гуматный, под действием навоза (480 т/га) снижалось в гумусе содержание фульвокислот. В составе гуминовых кислот преобладали фракции ГК-1 и ГК-3, в составе фульвокислот – фракции ФК-1а и ФК-1. Под действием торфа увеличивалось содержание фракции ГК-1 и снижалось ГК-2 и ГК-3, ФК-1а и ФК-1.

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО ГИДРОМОРФИЗМА ЧЕРНОЗЕМОВ НА СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Тищенко С.А., Горбов С.Н.

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, tischenko@sfedu.ru

На обширных площадях черноземной зоны России, в том числе и на Нижнем Дону, в течение нескольких последних десятилетий получили широкое распространение негативные процессы и явления, обусловленные переувлажнением почв. Нарушение экологии степного агроландшафта обусловило периодическое локальное переувлажнение черноземных почв на плакорах. Автоморфные черноземы подвергаются интенсивному переувлажнению, не соответствующему экологии этих почв, приобретают признаки гидроморфизма, что и приводит к их деградации. Это явление получило распространение на богаре, вне территории орошения, и является индикатором общей неблагоприятной обстановки целого региона. Развитие современного гидроморфизма становится причиной формирования особых ландшафтов, которые отличаются от окружающих агроценозов особым гидрологическим режимом, растительностью и почвами. Они отчетливо выделяются среди сельскохозяйственных полей благодаря развитию особого растительного покрова, где наряду со степными видами широко представлены гидроморфные и полугидроморфные виды растений.

Исследования проводились в Зерноградском районе Ростовской области. Территория района исследования представляет собой слабоволнистую равнину, расчленённую балочно-речной сетью и характеризуется слабой естественной дренированностью, что обуславливает высокую степень подтопления территории. Зональные почвы Зерноградского района представлены черноземами миграционно-сегрегационными карбонатными. Объектом изучения является участок переувлажнения, представляющий собой многолетнюю залежь (более 40 лет) располагающийся в небольшом понижении на сельскохозяйственном поле и отличающийся характерными влаголюбивыми растительными группировками (обычно доминируют тростник обыкновенный *Phragmites communis* и вейник наземный *Calamagrostis epigeios*). Почвы переувлажненных ландшафтов согласно Классификации и диагностике почв России (2004 г.) относятся к черноземам квазиглееватым. Разрезы закладывались по катене так, чтобы представить разную степень переувлажнения: днище ложбины, предположительно гидроцентр, периферия переувлажненного участка, где уровень грунтовых вод подвержен наибольшим колебаниям и где активно развиваются процессы засоления почвы и контроль, чернозем, не затронутый переувлажнением. Образцы почв для анализа отбирались в начале июня и в конце октября.

Анализ содержания органического углерода в исследуемых почвах выполнялся несколькими методами: по методу Тюрина в модификации Симакова со спектрофотометрическим окончанием по Орлову–Гриндель и методом высокотемпературного каталитического сжигания на анализаторе общего органического углерода TOC-L CPN Shimadzu. Содержание водорастворимого углерода определяли по методике, предложенной Реннертом (Rennert) с соавтр.

Исследования, проведенные ранее различными авторами, показали, что вторичный гидроморфизм черноземов становится причиной изменения целого комплекса изменений показателей почвы, в том числе и общего содержания гумуса, состава его компонентов и даже структурно функциональные характеристики гумусовых веществ. Определение общего содержания гумуса инструментальным методом выявило увеличение количества органического вещества в черноземах, подвергающихся процессу локального переувлажнения. Оценка гумусного состояния исследуемых почв согласно системе показателей, разработанной Л.А. Гришиной и Д.С. Орловым (1978) выявила, что в переувлажненных черноземах наблюдается увеличение гумусированности поверхностного горизонта А от низкого до среднего уровня. Также возрастают запасы гумуса в слое 0-20 см по мере увеличения степени переувлажненности почвы от низкого уровня до среднего и высокого. Процессы динамики содержания общего углерода в автоморфном и переувлажняемых черноземах противоположны друг другу. При переувлажнении увеличивается количество гумуса в начале лета, чем осенью. Отличается и профильное распределение гумуса. В черноземах автоморфных бимодальное распределение гумуса наблюдается летом, а к октябрю оно становится равномерно убывающим. В переувлажненном черноземе наоборот: летом гумус плавно снижается вниз по профилю, а к осени распределение гумуса становится бимодальным. Исследование количества водорастворимого гумуса с использованием инструментального метода выявило увеличение содержания водорастворимых органических веществ в почве в целом по мере возрастания степени влажности почвы. При этом более выраженное накопление растворимого углерода наблюдается в переувлажненных черноземах в нижней части профиля, на границе карбонатного горизонта.

ГУМУСОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ПОДВОДНЫХ ПОЧВ

Ткаченко А.Н., Ткаченко О.В., Лычагин М.Ю.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
Москва, tkachenkomsu@yandex.ru

В верхней части донных осадков большинства акваторий можно проследить смену горизонтов отличающихся по цвету, гранулометрическому составу, окислительно-восстановительным и щелочно-кислотным условиям, которые можно рассматривать в качестве подводных почв (Tkachenko et al., 2016). Подводные почвы включены в некоторые национальные и международную (World Reference Base for Soil Resources (Мировая..., 2007)) почвенную классификацию. Разработаны принципы классификации подводных почв (Tkachenko et al., 2016; Касимов и др., 2016) с учетом подходов «Классификации и диагностике почв России» (2004).

В работе представлены результаты исследования подводных почв проводимых на территории устьевой области Волги. В результате работ было отобрано и описано более 30 разрезов подводных почв формирующихся в различных условиях скорости потока, интенсивности осаднения взвешенных веществ, под разными типами водной растительности. Проведены полевые описания с выделением горизонтов подводных почв, в каждом из которых измерены значения pH, Eh, электропроводности, определен гранулометрический состав (методом лазерной гранулометрии) и содержание гумуса (методом Тюрина).

Верхние горизонты подводных почв представлены органогенными горизонтами. Среднее профильное содержание гумуса колеблется от 1,21 до 5,34%. Содержание гумуса в верхних горизонтах варьирует от 0,49 до 7,79%. Главным фактором, влияющим на накопления гумуса в подводных почвах, служит водная растительность. Наибольшие значения отмечены под зарослями укореняющихся макрофитов (лотос, тростник, ежеголовник), которые наряду с поставкой органики с растительным опадом, существенно снижают скорости течения, способствуя осаднению взвешенных в воде веществ. Максимальные содержания гумуса (до 7,7%) отмечены в верхних горизонтах подводных почв под лотосными полянами устьевом взморье дельты. Под зарослями жестколистных гигрофитов (ежеголовник, рогоз, тростник) устойчивых к разложению, содержание гумуса невелико и составляет 2-3%. Минимальные значения (0,5-1%) отмечены в подводных почвах

на участках быстрого течения лишённых растительности. Большинство профилей гумус имеет тенденцию к накоплению в верхнем горизонте подводных почв, затем, с движением вниз по профилю, его содержание постепенно уменьшается.

Таким образом, подводные почвы характеризуются наличием верхних гумусовых горизонтов и имеют аккумулятивный тип распределения гумуса по профилю.

Работа представлена в рамках проекта РФФИ №18-35-00354

Литература:

1. Касимов Н.С., Касатенкова М.С., Ткаченко А.Н., Лычагин М.Ю., Крооненберг С.Б. Геохимия лагунно-маршевых и дельтовых ландшафтов Прикаспия. Москва, АПР, 2016, 244 с.
2. Классификация и диагностика почв России / Отв. ред. Г.В. Добровольский. М., 2004.
3. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв. М., 2007. 287 с.
4. Tkachenko A.N., Gerasimova M.I., Lychagin M.Yu., Kasimov N.S., Kroonenberg S.B. Bottom sediments in deltaic shallow-water areas – are they soils? Geography, environment, sustainability. V. 3, 2016, 39-52.

ГУМУСОВЫЕ КИСЛОТЫ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Чимитдоржиева Г.Д.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, e-mail: galdorj@gmail.com

Введение. Гумусовые вещества (ГВ) являются основными в органическом веществе (ОВ) почвы. Наиболее изученными являются гуминовые кислоты (ГК), наименее – фульвокислоты (ФК), особенно на холодных территориях, как Забайкалье. В мерзлотных почвах в составе гумуса наряду с ГК значительное количество составляют ФК, где соотношение $C_{ГК} : C_{ФК}$ в основном равно 0,8-1, 2, даже в черноземах в единичных почвенных разрезах достигает 2-2,5. Поскольку в изучаемых почвах большей частью образуются ФК, которые обладают более высокой обменной емкостью, вследствие чего подвижны и реакционноспособны, определяя особую роль во всех почвенных процессах, отсюда целью работы было выявить их элементный состав в сравнении с ГК. *Объектами* исследований были ФК и ГК, выделенные из целинных вариантов черноземов квазиглеевых, дерново-подзолистых и дерново-таежных почв Еравнинской мерзлотной лесостепи юга Витимского плоскогорья. Выделение препаратов ГК из гумусовых горизонтов почв проводилось исчерпывающим экстрагированием по методу Д.С. Орлова и Л.А. Гришиной (1981); и из фильтрата после их осаждения выделены ФК по У. Форсита на активированном угле. Очистка препаратов от минеральных примесей проведена методом диализа. Элементный состав ГК и ФК определялся на элементном анализаторе CHNS/O PerkinElmer 2400 Series II, содержание кислорода рассчитано по разности (табл.). *Квазиглеевый чернозем (Ч)* со средним содержанием гумуса – 7,2%, высокими его запасами – 250 т/га в 0-20 см слое, с высокими степенями обогащенности азотом (С: N=4,6) и гумификации ОВ (35%), с гуматным типом гумуса (1,7), с содержанием негидролизуемого остатка (НО) – 44%. *Дерново-подзолистые почвы (ДП)* со средним количеством гумуса – 4,9%, но с низкими запасами его – 63 т/га, со средней степенью гумификации – 23%, с гуматно-фульватным типом – 0,8, со средним содержанием НО – 33%. *Дерново-таежные почвы (ДТ)* с низкими запасами гумуса – 56 т/га фульватного характера, с очень низкой обогащенностью азотом, со средней степенью гумификации 22%, с высоким содержанием НО – 50%. В морозобойных трещинах исследованных почв происходит нарастание степени и глубины гумификации ОВ, обусловленное накоплением устойчивых фракций ГК.

Элементный состав ГК и ФК мерзлотных почв, в атомных %

Почвы	ГК					ФК				
	С	Н	N	О	Степень окислен.	С	Н	N	О	Степень окислен.
Ч	39	36	2	23	0,23	26	40	1	32	0,96
ДП	36	41	2	20	0,05	27	37	1	36	1,29
ДТ	38	40	2	20	0,04	28	41	1	30	0,67

В черноземах ГК конденсированы и трудногидролизуются, а молекулы ФК представлены преимущественно атомами водорода и кислорода, отсюда высока степень их окисленности – 0,96. ГК лесных почв гидролизуются в большей степени, с низким количеством углерода, с высоким содержанием водорода по сравнению с таковыми чернозема, накапливается больше ФК. Относительно высокое содержание С в ФК дерново-таежных почв объясняется преобладанием процессов окисления в этих хорошо аэрируемых почвах. Таким образом, молекулы ФК мерзлотных почв содержат больше алифатических групп, миграционно способных, особенно с одно и двухвалентными катионами. Сравнительный элементный состав обеих кислот свидетельствует о некоторой идентичности, обусловленной воздействием криогенных процессов, в отличие от такового их немерзлотных аналогов.

Работа выполнена по плановой тематике института № АААА-А 17-117011810038-7 и гранта РФФИ №16-04-01297.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ГУМУСЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Чимитдоржиева Г.Д.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г.Улан-Удэ, e-mail:galdorj@gmail.com

Черноземы Забайкалья существенно отличаются от аналогов Европейской части России: для них характерны глубокое промерзание, низкое содержание гумуса, укороченность профиля, большей частью легкого грансостава, слабо оструктурены, карбонатный горизонт хорошо выражен и залегает неглубоко, характерны щебнистость и хрящеватость, обладают низкой водоудерживающей способностью.

Объектом исследований был целинный мучнисто-карбонатный чернозем легкого и тяжелого грансоставов на разных породах: 1) на пролювиально-делювиальных отложениях; 2) на элювиально-делювиальных образованиях; 3) на делювиальных суглинках. На первых двух породах чернозем малогумусный -3,2-3,5%, мощность его не превышает 20 см, на тяжелых суглинках содержание гумуса достигает 9%, мощность его составляет 30 см, нейтральной и слабощелочной реакции - рН=6,2-7,7, содержание азота – 0,44%, который расположен в узкой полосе Унэгэтэйского хребта в урочище Амгаланта Хоринского района; с таким количеством гумуса чернозем является редкостью в Забайкалье, который был обнаружен в совместной экспедиции с проф. W. Zechс Байротского университета Германии. В гумусе черноземов значительна доля гумина, преобладают гуминовые кислоты (ГК), однако много и фульвокислот (ФК). Сорбционные свойства кислот обеспечиваются кислородсодержащими группами, именно карбоксилатами и фенольными гидроксилатами, которые способны к ионному обмену и комплексообразованию. В обоих случаях образуются двойные электрические слои, формирующиеся на поверхности при контакте с водой в результате диссоциации поверхностных функциональных групп. Валовое содержание элементов в почвах варьирует в широких пределах в зависимости от их содержания в породе. Целью работы было выявить содержание Cu,Zn,Ni,Pb в гумусе черноземов разного грансостава. Элементы определены на ААС-4 спектрофотометре. Cu в легких породах черноземов составляет 15,8 – 17,0, в тяжелых вдвое выше - 35 мг/кг; соответственно Zn 33 – 55 и 117; Ni– 15-29 и 46; Pb – 28 и 45, т.е. элементы находятся в зависимости от величины почвенных фракций. Эта связь повторяется в самой почве только с Cu, Zn и Ni, а вот Pb найден в одинаковых количествах как в легких, так и тяжелых почвах, соответственно: 32-35 и 30 мг/кг, что, по видимому связано с его электронной структурой. Все элемента большей частью – 60-66% связаны с минеральной основой черноземов. Известно, количественное соотношение элементов, свойственное горным породам и почвам, частично сохраняется и в растениях. В целом, если расположить элементы по величине их содержания в породах, то образуется ряд: Zn>Pb>Ni>Cu, который повторяется в почве и растениях. Фитоценоз интенсивно аккумулирует биофильные Cu и Zn, меньше - Ni и Pb. Много до 44% Pb связано с ФК, а Zn до 56% – с ГК. Вследствие значительного присутствия в гумусе ФК, а в последних большей сорбции - Ni и Pb в загрязненных почвах можно ожидать их миграцию по профилю.

Работа выполнена в рамках темы Госзадания № госрегистрации АААА-А17- 117011810038-7.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ДИСПЕРСНО-КАРБОНАТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Чимитдоржиева Э.О.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, erzhena_ch@mail.ru

Одной из важнейших и устойчивых идентификационных характеристик ГК является элементный состав [Орлов, 1990], который позволяет получить информацию об общих принципах строения молекул, уровне их конденсированности и степени гумификации. Элементный состав ГК почв меняется в очень широких пределах: содержание углерода - 46-62, водорода - 2.8-5.8, азота - 1.7-4.9, кислорода - 31-39% [Орлов, 1990; Кленов, 2000; Холодов и др., 2009, 2011].

Цель работы - изучить элементный состав ГК дисперсно-карбонатных черноземов Забайкалья.

Объектами исследования - препараты ГК дисперсно-карбонатных черноземов Тугнуйской котловины Селенгинского среднегорья.

Черноземы дисперсно-карбонатные (по классификации 1977 г. - черноземы мучнисто-карбонатные) Тугнуйской котловины сформированы в ее центральной части под злаково-разнотравным сообществом на лессовидных суглинках. Для них свойственны: средняя мощность гумусового профиля (0-33 см), низкое содержание $C_{орг}$ (3.1%), легкий гранулометрический состав, невысокое содержание суммы поглощенных оснований (22.6-29.7 моль-экв/100 г почвы), где основная роль принадлежит кальцию. Для верхних горизонтов характерна реакция среды близкая к нейтральной (pH 6.7-6.9), а в средней и нижней частях профиля наличие карбонатов определяет слабощелочную/щелочную реакцию.

В ГК черноземов дисперсно-карбонатных, более теплообеспеченных по сравнению с мерзлотными черноземами, активнее происходит реакция конденсации и ярко выражено отщепление периферических составляющих, что могло быть одной из причин увеличения количества обуглероженных соединений (содержание C - 38.7 и 38.0 ат.%). Изменение условий почвообразования в сторону постепенного повышения температуры и уменьшения влажности сопряжено с возрастанием конденсированности ГК. На направление процесса оказывает влияние не только изменение климатических условий, но химические и биологические факторы: реакция среды, состав органических остатков. В целом, исследованные ГК черноземов Забайкалья менее обуглерожены по сравнению с таковыми ЕЧР и ЗС. В препаратах ГК дисперсно-карбонатных черноземов содержание водорода было равно 33 ат.%, что ближе к таковому черноземов ЕЧР. Содержание кислорода в исследованных препаратах незначительно 25.2 ат.%.

Черноземы дисперсно-карбонатные формируются в более оптимальных условиях в отсутствие в профиле почв многолетней мерзлоты. При исчезновении процесса гидролитического расщепления, что свойственно квазиглеевому подтипу чернозема, и увеличении относительной аридности в ГК уменьшается вклад водорода, соотношение Н : С возрастает до 0.85 и становится близким к таковому европейских черноземов. Закономерно, что при увеличении величины соотношения Н : С соответственно снижается степень бензоидности.

Гуминовые кислоты дисперсно-карбонатных черноземов характеризовались низкой величиной степени бензоидности (17.0), что указывает на уменьшение роли ароматических структур. Эти величины меньше по сравнению с таковыми почв Европейской части России, но сравнимы со СБ кислот южных черноземов.

Элементный состав ГК дисперсно-карбонатных черноземов в наибольшей степени близок к таковому из типичных черноземов европейской части России.

Исследования выполнены за счет средств бюджета по теме НИР № АААА-А 17-117011810038-7.

СОСТАВ ГУМУСА КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Чимитдоржиева Э.О.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, erzhena_ch@mail.ru

Для гумуса *каштановых почв* характерно преобладание фульвокислот над гуминовыми кислотами. Отношение Сгк : Сфк в верхнем горизонте составляет 0,8, в нижнем - 0,7. При смене экологической обстановки в результате сельскохозяйственного использования эта величина возрастает до 0,9, тогда как, к примеру, даже в светло-каштановых почвах европейской части России это отношение в пахотном слое составляет 1,3 [Пономарева, Плотникова, 1975; Гришина, Орлов, 1978].

Во фракции гуминовых кислот отмечается значительное содержание подвижной фракции ГК-1 (7-11% от суммы ГК), что является особенностью качественного состава гумуса длительно-сезоннопромерзающих каштановых почв. Для каштановых почв Европейской части России и Западной Сибири свойственно незначительное содержание или практически отсутствие этой фракции [Пономарева, Плотникова, 1980, Гамзиков и др., 1989].

В фульвокислотах наблюдается такая же закономерность в распределении по фракциям, как в гуминовых. Доля гуминовых кислот в составе гумуса уменьшается с глубиной, а фульвокислот – изменяется незначительно, что способствует фульватизации гумуса вниз по профилю [Убугунов и др., 2000]. По-видимому, в условиях короткого и биологически активного периода создаются предпосылки для преимущественного образования более мобильных и упрощенных по структуре гумусовых веществ типа фульвокислот. На долю негидролизующего остатка почвы приходится 44-52%. Данный факт обусловлен тем, что в условиях жесткого гидротермического режима происходит быстрое обезвоживание новообразованных гумусовых кислот, что способствует их прочному связыванию с минеральной частью почвы и переходу в малоподвижные формы – гумин.

Распашка и использование в богаре *каштановой почвы* привели к незначительной потере гумуса, но к гораздо более выраженному, чем у черноземов, изменению состава гумуса, особенно в верхней и средней части гумусового профиля. В пахотном слое, по сравнению с гумусо-аккумулятивным горизонтом целинной почвы, произошло уменьшение количества ГК, тогда как содержание ФК осталось на прежнем уровне. Как и у черноземов, подвижность ГК возрастает и с глубиной увеличивается доля ГК-Са и ФК-Са.

Изучение фракционного состава *постагрогенной каштановой почвы* показало, что фульвокислоты преобладают над гуминовыми кислотами. Отношение Сгк:Сфк колеблется в пределах 0,7-0,9, т.е. тип гумуса гуматно-фульватный. Низкое содержание гуминовых кислот (19,0-27,8%) является, возможно, следствием того, что в групповом составе почвенной микрофлоры преобладают способные разлагать гуминовые кислоты актиномицеты [Нимаева, 1975], в результате чего возникают условия для преимущественного накопления фульвокислот. Содержание нерастворимого остатка в дерновом слое низкое, с глубиной относительная доля его в составе гумусавозрастает. При анализе фракционного состава гумуса отмечается значительное содержание ГК-1 (16-18% от суммы ГК). Среди гуминовых кислот преобладает фракция, связанная с кальцием (46-48% от суммы ГК), в составе гумуса высокодоля фракции прочносвязанных с R_2O_3 (34-35% от общего ГК). В составе фульвокислот отмечается доминирование ФК-2 и ФК-3.

Таким образом, качественный состав гумуса, прежде всего, характеризует типовые признаки, формирующиеся в течение длительного времени и сохраняющиеся в основных циклах, поэтому любое сельскохозяйственное использование почв сохраняет зональные особенности гумусообразования. При этом наиболее положительный баланс углерода обеспечивает и лучший его качественный состав и, наоборот, уменьшение поступления растительных остатков ведет к фульватизации гумуса.

Исследования выполнены за счет средств бюджета по теме НИР № АААА-А 17-117011810038-7.

ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТОРФОВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ

Щукина К.Е.^а Денисенко Д.А.^б

^а *Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

^б *Томский государственный педагогический университет, mitrichich.com@gmail.com*

Поиск новых сырьевых ресурсов биологически активных веществ (БАВ) природного происхождения – актуальная задача на современный период. Торф в этом отношении – относительно дешёвая и практически неограниченная сырьевая база. Однако спектр БАВ торфов достаточно широк и неоднороден по отдельным месторождениям и зависит от условий образования болота, глубины залегания торфов определенного ботанического состава и др. факторов. Цель данной работы – провести химико-биологический анализ торфов в верховой торфяной залежи, сформированной на песчаном аллювии и определить направления использования.

Объектом исследований послужило торфяное болото на Обь Томском водоразделе (координаты отбора образцов 56°23'15.5''с.ш. и 84°37'53.2''в.д.). Гуминовые кислоты выделяли по ИНСТОРФу 0.1 и NaOH. Спектры инфракрасного поглощения ГК записывали на ИК-Фурье – спектрометре Nicolet 5700 на дисках KBr в интервале значений частоты от 500 до 4000 см⁻¹. Регистрация УФ-спектров поглощения 0.001 %-ных водных растворов ГК проводили на спектрофотометре Unicо 2100 (США) в диапазоне длин волн 200-700 нм в кварцевой кювете толщиной 10 мм с интервалом в 5 нм. Элементный состав определяли методом сжигания на С, Н, N – анализаторе «CarloErbaStrumentazione» модель 1106. Общую численность и биомассу микроорганизмов определяли прямым методом с использованием люминесцентной микроскопии. Из показателей ферментативной активности определяли активность пероксидазы и полифенолоксидазы методом Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловской.

На основании методик качественного обнаружения ГК методом ИК-спектроскопии, элементного анализа, спектроскопии в УФ-области определены основные признаки, позволяющие отнести выделенные из природных объектов органические соединения отнести к классу ГК. Из анализа видно, что ГК имеют одинаковое строение молекул, высокую степень подобия, но значительно различаются по содержанию функциональных групп. Для получения гуминовых веществ можно выделить слой торфа глубиной залегания от 150 до 325 см.

Такие структурные особенности ГК позволяют им участвовать в разнообразных окислительно-восстановительных реакциях, в фермент-субстратных взаимодействиях, влиять на осмотическое давление, образовывать комплексные соединения хелатного типа и т.д. Кроме того, ГК, являясь гетерополикондесатами арилгликопротеидной природы, могут служить источником структурных фрагментов органических макромолекул при биосинтезе, происходящем в живых организмах. Все это обуславливает их многопрофильные фармакологические свойства, особое внимание среди которых заслуживает антиоксидантная активность, обусловленная целым рядом их структурных особенностей (Аввакумова Н.П. 2002).

Динамика распределения активности ферментов показывает взаимозависимость с другими факторами (температурой, осадками, окислительно-восстановительными условия и химическими свойствами торфов, что показывается корреляционным анализом.). Наиболее активно окислительно-восстановительные процессы, протекающие с участием ПФО, осуществляются в верхнем аэробном слое 0-25 см торфяной залежи, в то время как процессы, катализируемые ПДО, более интенсивно протекают в нижней части торфяной залежи в слое 200-325 см торфяной залежи. Выше на основании исследования свойств ОВ торфов месторождения Газопроводное именно этот слой ТЗ предложен для получения гуминовых веществ.

В зависимости от создающихся условий торфогенеза в торфяной залежи в конкретные годы по метеоусловиям, микрофлора и ферменты проявляют разную активность с получением разнообразных продуктов биохимического синтеза, а, следовательно, эти показатели позволяют прогнозировать изменения природного сырья в процессе эксплуатации месторождения. Скрининг торфяных препаратов по широкому спектру химических и биологических свойств позволит обогатить наши

представления о биологическом действии гуминовых и других БАВ веществ торфа и расширить сферы применения получаемых торфяных препаратов в различных областях биологии, медицины и сельского хозяйства.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (госзадание ТГПУ № 5.7004.2017/БЧ) и в рамках гранта Программы повышения конкурентоспособности Томского политехнического университета.

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРОЗЕМОВ СЕВЕРА ФЕРГАНЫ

Юлдашев Г., Хайдаров М.

Ферганский государственный университет, г. Фергана, Узбекистан, fardu_info@umail.uz

По своему потенциальному плодородию изученные почвы генетического ряда: темные, типичные, светлые сероземы различны. Эти свойства связаны с различными количествами и качествами источника формирования органического вещества почв и гумуса. Основными источниками гумусовых веществ в изученных сероземах в условиях целины севера Ферганской долины является поверхностное поступление травянистой растительности и их отмерших корней.

Формирования целинных сероземов протекает в иных условиях гидротермический режим, рельеф и растительный покров, представленный травянистыми растениями, способствуют особому типу гумусообразования. Для этих почв характерна высокая биогенность, относительно высокая численность микроорганизмов, наличие азотобактера и нитрификаторов. Установлено, что по мере перехода от светлых сероземов к темным сероземам увеличивается общего содержания валового гумуса и азота. Сероземы отличаются между собой по морфологии, а также по содержанию и группового состава гумуса, валового азота.

Сероземы севера Ферганы по запасам гумуса и азота, групповому составу характеризуется не очень отчетливо выраженными различиями, и отражают зональные особенности гумусообразования, повышается содержание гуминовых кислот, расширяется соотношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот. В сероземах в зональном плане наблюдается почти все типы гумусообразования: гуматный, гуматно-фульватный, фульватно-гуматный, фульватный.

Естественно, что конкретная устойчивая оценка запасов углерода и гумуса в сероземах Узбекистана и его распределения по территории и по профилю почв является чрезвычайно актуальной задачей.

Исследования проведена на ключевых в наиболее репрезентативных участках севера Ферганы. Исходными для расчета запасов гумуса и органического углерода в почвах послужили результаты анализа светлых, типичных и темных сероземов. Исследованию подверглись непосредственно в полевых и лабораторных условиях 2017 г.

Гумус и его групповой состав определено по общепринятой методике. Экспериментально доказано, что соотношение $S_{гк}:S_{фк}$ закономерно возрастает в соответствии с подтипами почв увеличения степени насыщенности почв основаниями, а гуматный гумус формируются при относительно высокой степени насыщенности почв основаниями и высокой биологической активности. По Орлову Д.С. и др. групповой состав гумуса отражает специфику процесса гумификации в различных типах почв. Аккумуляция в сероземных почвах гуминовых кислот сопровождается увеличением их доли связанных с кальцием.

Это происходит, потому что повышенная концентрация кальция в почвенном растворе карбонатных почв способствует по закону действия масс образованию их гуматов, что подтверждается в верхних горизонтах темных сероземах. Также известно, что в кальциевых почвах создается относительно благоприятные условия гумификации.

При исследований гумусного состояние сероземов нами из систему показателей химического состава почв. Выбраны: содержание и групповой состав гумуса, общее содержание углерода и азота в почвах, отношение углерода к валовому азоту и другие.

Одним из главных показателей считается содержание гумуса в перегнойном горизонте. Профильное распределение гумуса типичное для сероземов и его можно характеризовать как

эндоморфное постепенно убивающее в отдельных случаях, таких как типичных и темных сероземах резко убивающее.

Согласно Орлову Д.С. и др. запас гумуса в 0-20 см считается очень высоким, если его содержание превышает 200 т/га. По этому показателю наши почвы относятся к группе с низкими запасами гумуса (26-78,5 т/га). Это определяется еще тем, что содержание гумуса в гумусовых горизонтах колеблется в пределах <2 и 2-4%, что соответствуют к группе почв с низкими, очень низкими обеспеченностями. Степень обогащенности гумуса азотом по профилю неодинаково, вниз по профилю C:N сужается, значит, органическое вещество в данном случае обогащается азотом, следовательно, степень гумификации растет. Как и следовало ожидать наибольшее сужение C:N наблюдается в материнских породах.

Этот показатель, как и другие показатели гумусное состояние почв отражает целинных сероземов. Тип гумуса исследуемых почв где отношение C_{гк}:C_{фк} составляет 0,75-1,04 в светлых и типичных сероземах гуматно-фульватный в темных фульватно-гуматный.

Секция 6. Гуминовые препараты: механизмы действия, применение, безопасность

ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ $Fe_{3-8}O_4$, ОБРАЗОВАННЫХ В ПРИСУТСТВИИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Анучина М.М., Панкратов Д.А., Аброськин Д.П., Куликова Н.А., Габбасова Д.Т., Маторин Д.Н., Волков Д.С., Перминова И.В.

Московский Государственный Университет, Москва, e-mail:anuchina_mariya@mail.ru

Биогенные элементы, такие как углерод, кальций, калий, магний, железо и другие постоянно присутствуют в биологических объектах и участвуют во всех важных биохимических процессах (рост, дыхание, обмен энергией и т.д.). Внедряемые во многие сферы жизни нанотехнологии приводят к распространению наночастиц. Соединения с биогенными элементами в наноразмерном состоянии способны оказывать токсическое действие на биологические объекты. В настоящее время широкое применение в различных областях медицины, промышленности и сельского хозяйства находят магнитные наночастицы оксосоединений железа. При этом, единого мнения о влиянии наночастиц оксосоединений железа на биологические объекты до сих пор не существует. Наночастицы оксосоединений железа способны взаимодействовать как с неорганическими (породы, минералы), так и органическими (например, такими как гуминовые вещества) соединениями, которые могут способствовать их распространению в окружающей среде. Поэтому изучение потенциальной токсичности наночастиц оксосоединений железа является важной задачей.

Одним из источников поступления наночастиц оксосоединений железа в окружающую среду могут являться продукты взаимодействия металлоконструкций с гуминовыми веществами. Цель настоящей работы состояла в изучении влияния на биологические объекты наночастиц оксосоединений железа, образующихся при коррозии металлических изделий при взаимодействии с гуминовыми веществами. Для этого была приготовлена серия суспензий, содержащих продукты различных стадий взаимодействия металлического железа и водного раствора гуминовых веществ, а также выделен конечный продукт в виде $Fe_3O_{4-8}@HS$. В качестве биологических объектов тестирования выступали микроводоросли *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. и пшеница *Triticum aestivum* L.

Состав и свойства выделенных суспензий оксосоединений железа изучали комплексом физико-химических методов, включающих: ДСР, ПЭМ, мессбауэровская спектроскопия, а конечные продукты взаимодействия РФА, ИК, ТГА/ДСК и проводили измерения магнитной восприимчивости. Суспензии наночастиц оксосоединений железа в концентрациях от 0.14 мкМ до 2036 мкМ тестировали на микроводорослях. Влияние на микроводоросли наночастиц оксосоединений железа определяли по величине максимального квантового выхода флуоресценции. Способность поглощения наночастиц $Fe_3O_{4-8}@HS$ в концентрациях 18 и 25 мкМ тестировали на 21-дневных проростках пшеницы, выращенных в железодефицитных условиях. Содержание железа в побегах и корнях оценивали методом ИСП-АЭС.

По итогам экспериментов можно заключить, что суспензии, содержащие наночастицы оксосоединений железа в присутствии гуминовых веществ, не проявляют токсического действия по отношению к микроводорослям в указанном диапазоне концентраций. Зафиксировано незначительное влияние степени окисления железа в составе наночастиц на величину максимального выхода флуоресценции. Наблюдалась заметная сорбция наночастиц оксосоединений железа в присутствии гуминовых веществ на корнях пшеницы и увеличение содержания железа в побегах в сравнении с контролем.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 16-14-00167.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ СОРБЦИИ ИОНОВ МЕДИ (II) ГУМИНОВЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Гаджиева В.А., Мирошниченко Ю.С., Мясоедова Т.Н.
Южный федеральный университет, г. Таганрог, fisa186@yandex.ru

Ранее в работе [1] изучались сорбционные способности гуминовых препаратов ООО «АгроТехГумат» г. Иркутск – «Гумат-Байкал» и «Гумат-ГК» по отношению к ионам меди. В ходе экспериментов установлено, что данные гуминовые вещества обладают высокой сорбционной способностью по отношению к ионам меди Cu^{2+} (степень извлечения достигает порядка 89-93%). Сорбционная емкость по меди для препарата «Гумат-Байкал» составляет 140 мг/г, а для препарата «Гумат-ГК»- 70 мг/г.

Для объяснения и прогнозирования химического поведения гуматов по отношению к ионам меди Cu^{2+} , необходима информация о содержании основных функциональных групп. Для этого проведен инфракрасный спектральный анализ на ИК-Фурье-спектрометре ALPHA (BrukerOptikGmbH, Германия) методом фрустрированного полного внутреннего отражения в диапазоне от 500 до 4000 cm^{-1} с использованием программного обеспечения OPUS. Полученные спектры представлены на рисунке 1. Исследование гуминовых веществ с помощью ИК-спектроскопии установило ароматическую каркасную часть, бензоидные структуры, первичные и вторичные амины. Наличие в спектрах полосы колебаний связей $\text{C}=\text{C}$ ароматического кольца (около 1610 cm^{-1}) свидетельствует о присутствии ароматической каркасной части в гуминовых веществах, бензоидные структуры соответствуют 1510-1500 cm^{-1} , 1390-1400 cm^{-1} . Полосы в области 1050-1150 cm^{-1} соответствуют колебаниям связи $\text{C}-\text{O}$ спиртовых групп. Найдены небольшие полосы поглощения при 2920 cm^{-1} , они относятся к длинным метиленовым цепочкам, 2860 cm^{-1} к метильным концевым группам.

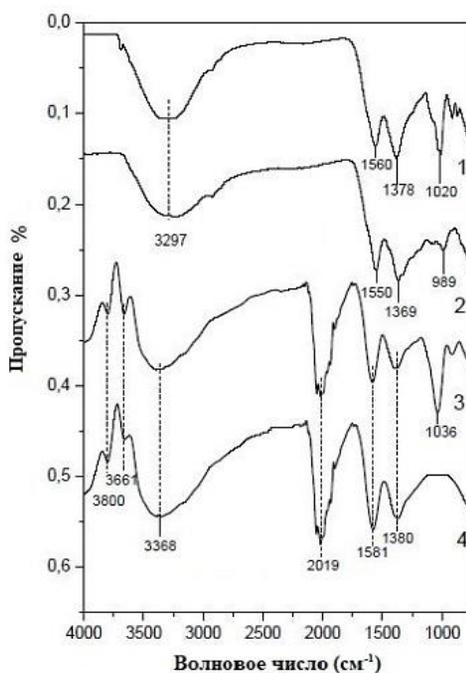


Рис 1. – 1–«Гумат-ГК», 2–Гумат-Байкал», 3–«Гумат-ГК»+ Cu^{2+} , 4–Гумат-Байкал»+ Cu^{2+}

Полосы поглощения при длинах волн 1225 cm^{-1} соответствуют ОН-группам в карбоксильных группах, 1025 cm^{-1} – ОН-группы углеводов. Были идентифицированы полосы поглощения 3000-2750 cm^{-1} (малоинтенсивные валентные колебания) соответствующие $-\text{CH}$, $-\text{CH}_2$, $-\text{CH}_3$ группам, деформационные колебания 1460-1380 cm^{-1} соответствуют $\text{C}-\text{CH}_3$; деформационные колебания $\text{N}-\text{H}$ связи первичных и вторичных аминов (1650-1550, 1650-1580); $\text{C}-\text{N}$ связи пиримидиновых и пуриновых

циклов (1000- 960, 825-775); двойных связей (995-985), кислорода в гетероциклах (800-740, 840-800) [2].

При насыщении гуматов ионами металлов наблюдаются изменения в их ИК-спектре. В областях 3600-2500 и 1750-750 см⁻¹ наблюдается снижение интенсивности пиков у гуматов, содержащих ионы Cu²⁺, что говорит о том, что связывание ионов меди происходит практически всеми функциональными группами.

Цитируемая литература:

1. Мясоедова Т.Н., Мирошниченко Ю.С., Копылова Н.Ф. О сорбционной способности гуматов по отношению к ионам меди // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>) Выпуск № 1 (59), 2015 г.

2. Lim S.F., Gzheng Y.M., Wenzou S., Chen J.P.Characterization of copper adadsorption onto an alginate encapsulated magnetic sorbent by a combined FT-IR, XPS, and mathematical modeling study //Environ. Sci. Technol. 42 (2008) 2551–2556.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

Гапеева Н.Н., Митрофанов С.В.

Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Рязань,
gapeevann@mail.ru
f-mitrofanoff2015@yandex.ru

На сегодняшний день одной из первостепенных задач лесного хозяйства является сохранение и повышение посевных качеств семян хозяйственно ценных хвойных пород, что вызвано периодичностью семеношения многих из них, особенно таких, как ель и сосна. Семена некоторых ценных лесообразующих пород обладают низкими посевными качествами, их всхожесть составляет в среднем 50%, и лишь половина из собранных семян является полнозернистыми. Одним из перспективных методов повышения данных показателей является предпосевная обработка семян стимулирующими препаратами, содержащими в своем составе гуминовые кислоты.

В качестве объектов исследования использовались семена Ели европейской с низкими посевными качествами: III класса посевного стандарта и некондиционные семена. В опытах использовались гуминовые препараты, полученные на технологической линии ИТОСХ по переработке торфа. Содержание гуминовых веществ в первом образце составляло 9,9 г/л, во втором – 3,2 г/л. Концентрация рабочего раствора для предпосевной обработки семян - 0,01 % по действующему веществу.

Результаты лабораторных исследований свидетельствуют о существенном положительном влиянии гуминовых препаратов на посевные качества семян Ели европейской. Однако, результаты полученные в ходе опытов имеют ряд отличий. Так, энергия прорастания семян III класса на контрольном варианте составила 67%, всхожесть – 71%. Замачивание семян в растворе гумата с содержанием гуминовых веществ 3,2 г/л в течение часа позволило повысить энергию прорастания относительно контроля на 16,4%, а всхожесть – на 15,5%. При замачивании семян в течение двадцати часов стимулирующий эффект значительно возрос: энергия прорастания и всхожесть возросла почти в 2 раза - на 34,3% и 28,2% соответственно.

Наибольший эффект был достигнут при использовании гуминового препарата с содержанием гуминовых веществ 9,9 г/л. На варианте с часовым замачиванием семян энергия прорастания повысилась на 25,4%, а всхожесть на 23,9%. При замачивании семян в течение двадцати часов энергия прорастания возросла на 35,8%, всхожесть – на 29,6%.

Повышение энергии прорастания и всхожести, достигнутое при замачивании семян в растворе гуматов на двадцать часов, легко объясняется длительным периодом покоя лесных культур. При этом показатели всхожести по обоим вариантам опыта повысились с III класса до I класса посевного стандарта.

Отмеченные в опыте тенденции были зафиксированы и при обработке некондиционных семян, однако в этом случае эффект стимуляции был гораздо ярче выражен. Наилучшие результаты достигнуты при замачивании семян в растворах гуминовых препаратов в течение 20 часов. На варианте с использованием гумата с содержанием гуминовых веществ 3,2 г/л энергия прорастания возросла на 143,8%, всхожесть – на 116,7%, что позволило перевести семена из разряда некондиционных во II класс посевного стандарта. Лучший эффект достигнут при использовании гуминового препарата с содержанием гуминовых веществ 9,9%, превышение над контролем составило: по энергии прорастания – 162,5%, по всхожести – 144,4% (I класс посевного стандарта).

На основе проведенных лабораторных исследований можно констатировать факт, что обработка семян хвойных растений, в частности Ели европейской гуминовыми препаратами оказывает существенное положительное влияние на посевные и урожайные качества семенного материала. Наиболее ярко выраженный эффект получен при обработке семян с пониженными посевными качествами (некондиционными), что довольно часто встречается при заготовке семян в годы с обильными осадками, дефицитом тепла, при нарушениях технологии уборки и хранения семян. Выявлена зависимость изменчивости всхожести семян от времени замачивания в рабочем растворе гуминовых удобрений. Лучшие показатели всхожести и энергии прорастания отмечены при замачивании семян в течение 20 часов.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ И ИХ СЕРТИФИКАЦИЯ

Гармаш Н.Ю., Воронов С.И., Гармаш Г.А., Морозова Г.Б., Смолина Т.В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Немчиновка" Московская обл., Одинцовский р-н, рп Новоивановское, e-mail: niicrnz@mail.ru

В связи с присутствием на рынке большого количества рекомендованных к применению в растениеводстве гуминовых препаратов различных препаративных форм, полученных из разного сырья различными методами, закономерно возникает вопрос оценки их качества. Известно, что основным действующим веществом гуматов являются гуминовые и фульвокислоты. К значимым показателям можно отнести массовую долю влаги (для порошкообразных препаратов), кислотность (для жидких препаратов), содержание органического вещества, массовую долю нерастворимого остатка. При введении в гумат макро- и микроэлементов характеристичными становятся также основные добавляемые элементы.

Известны и применяются в практической работе, по крайней мере, три метода количественного определения гуминовых кислот в гуматах, используемых в растениеводстве, которые, на наш взгляд, можно обозначить как весовой, фотоколориметрический и оксидиметрический. Весовой метод (ГОСТ 9517-94) распространяется на угли бурые, каменные, угольные брикеты и т.п. (топливо твердое) и заключается в обработке аналитической пробы топлива щелочным раствором пирофосфата натрия, последующей экстракции пробы раствором гидроксида натрия, осаждении гуминовых кислот избытком минеральной кислоты и определении массы полученного осадка. Эффективность этого метода вполне достаточна при высоком содержании гуминовых кислот в препарате, характерном для порошкообразных или гранулированных гуматов. В то же время, для жидких гуматов, содержание гуминовых кислот в которых может не превышать 0,1%, этот метод недостаточно точен. Фотоколориметрический метод основан на изменении интенсивности окраски раствора анализируемого препарата в зависимости от концентрации гуминовых веществ. Пользуясь этим методом, некоторые производители не выделяют гуминовые кислоты, а определяют оптическую плотность исходного раствора. Это не может не сказаться на полученных результатах, кроме того, в настоящее время отсутствует гостированный стандартный образец для получения образцового раствора гуминовой кислоты. Оксидиметрический метод (ГОСТ 27980-88 п. 3) разработан для определения органического вещества в органических удобрениях и основан на окислении органического вещества пробы раствором калия двуххромовокислого в серной кислоте с последующим титрованием избытка калия двуххромовокислого раствором соли Мора. Введение фотометрического

окончания вместо титрования позволяет упростить ход анализа, отпадает необходимость приготовления титрованных растворов, вместо титрования измеряют оптическую плотность. Полученные результаты показывают количество углерода (С) в анализируемом продукте. Неясным остается вопрос, какой раствор использовать для определения гуминовых кислот в порошкообразных гуматах: водный или щелочной. С практической точки зрения, необходима информация о содержании водорастворимой фракции ГК в препарате, в то же время, водная экстракция не всегда позволяет выделить гуминовые кислоты в полном объеме. Для сравнительного определения качества разных гуминовых препаратов наряду с основными показателями (содержание гуминовых и фульвокислот, нерастворимого остатка и др.) можно использовать биологический метод с проростками редиса, пшеницы или другой культуры. Концентрацию раствора необходимо выравнять по основному действующему веществу – гуминовым или фульвокислотам.

Результирующим показателем всех факторов, так или иначе оказывающих воздействия на рост и развитие растений в течение вегетации, безусловно, является урожай. Поэтому наилучшим тестом проверки эффективности препаратов являются методы полевого и вегетационного опытов. К недостаткам этих методов следует отнести значительную продолжительность по времени, большие трудозатраты и большое количество неконтролируемых факторов, особенно для полевого опыта.

Гуминовые препараты, не содержащие макро- и микроэлементные добавки, в соответствии с Федеральным законом от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 29.07.2017) "О техническом регулировании" не подлежат обязательному подтверждению соответствия. Подтверждение проводится по правилам добровольной сертификации Системы сертификации ГОСТ Р на соответствие любым показателям по выбору изготовителя из технической документации изготовителя или другой нормативной или технической документации. Следует помнить, что при включении в гуминовые препараты макро-и микроэлементов (и) или регуляторов роста растений они должны быть отнесены к группе продукции (код ОКПД 2 – 20.15.79...), которая подлежит обязательному подтверждению соответствия в форме принятия декларации о соответствии.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГУМИНОВОГО ПРОДУКТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО НА АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Горбушина А.Б., Бортник Т.Ю., Иошина А.Л

ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск

agrohim@izhgsha.ru

В Удмуртской Республике наиболее распространёнными являются дерново-подзолистые почвы различного гранулометрического состава; на них приходится 65,1% площади сельскохозяйственных угодий республики. Эти почвы отличаются низким естественным плодородием, кислой реакцией, низким содержанием гумуса и доступных форм элементов питания, в связи с этим при использовании в сельскохозяйственном производстве требуют длительного окультуривания. Для этих целей рекомендуют применение органических и минеральных удобрений, а также гуминовые препараты, которые относят к инновационным средствам химизации.

Многие исследователи отмечают, что гуминовые препараты или гуматы следует рассматривать как биологически активные вещества, которые в оптимальных дозах стимулируют разнообразные физиологические процессы в растениях, повышают их устойчивость к стрессовым ситуациям и в конечном итоге увеличивают урожайность.

В условиях Удмуртской Республики влияние гуминовых препаратов и гуматов на урожайность сельскохозяйственных культур и свойства агродерново-подзолистых почв изучено недостаточно. В связи с этим, целью наших исследований являлось изучение эффективности использования гуминового препарата Life Forse Natural Humic Acids (ННА) на агродерново-подзолистых почвах Удмуртской Республики.

В 2017-2018 гг. на агродерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве был проведен мелкоделяночный опыт по изучению использования гуминового препарата ННА. Почва имела

содержание гумуса 1,32 %; pH_{KCl} 4,95; содержание подвижного фосфора 130 мг/кг и обменного калия 114 мг/кг. Схема опыта включала использование продукта ННА в дозах 0,3 и 0,5 т/га. Повторность пятикратная. Продукт ННА был внесён весной 2017 г. перед посевом ячменя с подсевом клевера.

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2017 г. сложились относительно неблагоприятно для развития растений (высокое выпадение осадков и недостаток тепла в июне-июле), что не способствовало формированию высокого уровня биомассы. В 2018 г. агрометеорологические условия благоприятно влияли на развитие растений клевера 1 года пользования.

Учёт общей биомассы растений был проведён соответственно срокам уборки сельскохозяйственных культур. Результаты показали, что в условиях 2017 г. была выражена явная тенденция увеличения накопления биомассы под влиянием ННА относительно контроля без удобрений. Однако отклонения находятся в пределах ошибки опыта.

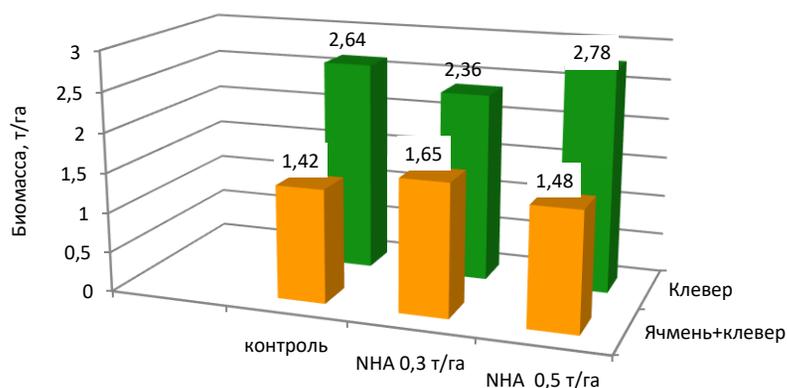


Рисунок 1. Влияние доз гуминового продукта ННА на накопление биомассы сельскохозяйственных культур (Удмуртская Республика, 2017-2018 гг.)

В то же время клевер луговой в условиях 2018 г. показал высокую отзывчивость на гуминовый продукт; при использовании дозы 0,5 т/га получена достоверная прибавка биомассы – 0,42 т сухого вещества с гектара относительно дозы 0,3 т/га. Суммарная продуктивность за два года в этом варианте составила 4,26 т/га, что на 0,25 т/га превышает показатель контрольного варианта.

Таким образом, использование гуминового продукта ННА можно считать перспективным приёмом повышения продуктивности сельскохозяйственных культур на низкогумусированных агродерново-подзолистых почвах.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ С МЕДЬЮ В ПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА

Колчанова К.А., Барсова Н.Ю., Степанов А.А., Мотузова Г.В., Демин В.В.
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения,
Москва, kolchanovakseniia@yandex.ru

Исследовали процессы взаимодействия меди с органическими веществами для оценки влияние этих процессов на миграционную способность как меди, так и органического вещества, при внесении гуминового препарата «Экстра» (ГП). Для этого был проведен полевой модельный опыт. В открытых 10-ти литровых пластиковых сосудах был создан профиль искусственной почвы с лизиметрической системой. Опыт был заложен в трех вариантах: контроль, + Cu ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$ в сухом растертом

состоянии в верхний слой из расчета 1243 мг Cu/kg); +Cu и +ГП (в жидком виде путем опрыскивания субстрата с поверхности из расчета 1 л/м²). Сосуды выдерживались под открытым небом с июля по октябрь с дополнительной имитацией осадков. После этого было проведено комплексное исследование твердой и жидкой фазы почвы полевого опыта.

Внесение сульфата меди вызывает существенное (с 6.96 до 6.27) подкисление верхнего почвенного слоя, тормозит процесс минерализации органического вещества (Сорг в почве варианта с Cu выше по сравнению с контролем). Содержание же водорастворимых органических веществ (ВОВ) в почве варианта при внесении соли меди уменьшается в два раза. Убыль ВОВ может быть вызвана несколькими причинами. Во-первых, подкисление увеличивает поглощение анионогенных органических молекул почвенными компонентами. Во-вторых, поглощению органических молекул компонентами почв способствует Cu^{2+} в роли «мостика». В-третьих, может происходить коагуляция органических молекул под действием электролита через сжатие двойного электрического слоя. Исследование водных вытяжек из верхнего слоя почв, показало, что при внесении меди в почву остается преимущественно низкомолекулярная фракция ВОВ и при этом увеличивается его гидрофобность.

Внесение ГП смягчает эффект подкисления почвы, вызванный внесением сульфата меди, увеличивает содержание углерода на 0,5 %, повышает долю меди, связанную преимущественно с органическим веществом твердой фазы (при последовательном фракционировании содержание меди увеличивается в вытяжке ЭДТА). Но при внесении ГП увеличивается содержание и водорастворимых органических веществ в 4-6 раза по сравнению с вариантом, где вносилась только медь, и долю гидрофильной фракции ВОВ.

Определение концентрации меди, в объемах растворов, соответствующих выходу разных амфифильных фракций, показало, что 95% меди в водной вытяжке верхнего горизонта почвы полевого опыта связана с гидрофильной фракцией ВОВ, с которой она и мигрирует вниз по профилю. В лизиметрических водах коэффициент гидрофобности ВОВ снижается в три раза для варианта с внесением только соли меди и в 13 раз для варианта с внесением ГП. Количество меди, поступившей в лизиметры варианта с внесением ГП оказалось в 3 раза больше, по сравнению с вариантом, где вносилась только медь.

Расчетные данные, полученные в программе VISUAL MINTEQ по модели NICA-Donnan показывают, что вся медь, находящаяся в вытяжке, полностью связывается с водорастворимыми органическими веществами почвы. Для варианта с внесением только соли меди: 53 и 40 % металла связано с карбоксильными и фенольными функциональными группами фульвокислот, 2,5 и 3,4 % с карбоксильными и фенольными группами гуминовых кислот; на ион Cu^{2+} приходится не более 0,5 % на CuSO_4 - менее 0,1 %. Внесение ГП снижает содержание свободного иона меди до 0,03 % и увеличивает долю меди, связанную с карбоксильными (18%) и фенольными (16%) группами гуминовых кислот. ИК-спектры ВОВ не отличаются между вариантами опыта. Так как доля карбоксильных и фенольных функциональных групп гуминовых и фульвокислот ВОВ, связанных прочно с ионами меди, составляет первые единицы процентов даже при высоком содержании металла в почве.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-05-00755.

ЭФФЕКТ ДЕЙСТВИЯ ГУМУСОВЫХ ПРЕПАРАТОВ В БАКОВЫХ СМЕСЯХ

¹Комаров А.А., ²Суханов П.А., ²Комаров А.А.

¹ЛенНИИСХ «Белогорка»

²Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail:agromonitoring-afi@mail.ru

С каждым годом расширяется ассортимент различных удобрений. Появляются все новые средства управления, которые используют для коррекции роста и развития растений в процессе вегетации. Эти средства применяются уже не как корневое питание растений, а в качестве некорневых подкормок. Однако в полевых условиях агроному необходимо подобрать такие их сочетания и комбинации, которые можно было бы использовать в составе баковых смесей.

Среди таких новых средств управления выделяются разнообразные гумусовые препараты. Одной из особенностей действия гуматов в составе баковых смесей является протекторная роль их полимерной матрицы. Однако полимерная матрица гуматов не имеет регулярного строения, что затрудняет изучение механизмов её действия, особенно в составе многокомпонентных баковых смесей. Для изучения механизмов действия высокомолекулярной матричной основы гумуса необходимо было создать матричные аналоги на основе полимеров регулярного строения. Такая матрица представляет собой водно-полимерный высокомолекулярный комплекс длинных углеводородных цепочек с закрепленными на них микро- и макроэлементами, гуматами, средствами защиты растений, витаминами, гормонами, ферментами и другими компонентами.

Одним из первых таких удобрений на полимерной основе был полимерный комплекс с широким набором микроэлементов - «Аквадон-Микро». Содержание микроэлементов в таких удобрениях подобрано специально для отдельных видов культур и условий их произрастания. При нанесении препарата на листовую поверхность микроэлементы полностью усваиваются растением, а полимерная матрица в течение 2-3 недель распадается на углекислый газ и воду. Доказано, что препарат позволяет снижать (на 1/3) количество вносимых макроудобрений без потери урожайности и качества продукции; обладает пролонгированным действием, так как пленка рабочего раствора долго не смывается водой и устойчива к инсоляции. Кроме того, полимер совместим с большинством пестицидов; оказывает восстанавливающее действие на растения после ожогов гербицидами; пригоден для внесения через ирригационные системы, не образует нерастворимых солей в трубопроводах и форсунках даже в жарком климате; не взаимодействует с гуминовыми веществами в составе баковых смесей [<https://agroserver.ru/b/akvadon-mikro-170770.htm>].

Включение в полимерную матрицу также макроэлементов обеспечило получение нового вида удобрений типа «Зеленит». Удобрения имеют несколько марок с разным содержанием элементов питания: азота (до 25%), фосфора (до 25%) и калия (до 15%) и бора, которые закреплялись в ней в виде органоминеральных комплексов. Кроме того, органический полимер, являющийся основой удобрений, обладая поверхностно-активными и адгезивными свойствами по отношению к поверхности листовой, был способен депонировать, а затем снабжать элементами питания вегетирующее растение. Сам же полимер (после использования из него всех элементов питания) разлагался на простые компоненты, не загрязняя окружающую среду [<http://www.zelenit.lv/wp-content/uploads/2012/04/ZELENIT-apraksts-RU.pdf>].

Дальнейшее усовершенствование удобрений на полимерной основе заключалось во введении в полимерную матрицу не только элементов питания, а также других средств, в том числе и модельных соединений гумуса. Таким образом, были разработаны комплексные агро-адаптогены серии КАА. Они позволяют значительно повысить урожайности зерновых, овощных и других культур на 20-40%. Оптимизация биопродуктивности культур достигается за счет реализации прогнозирования состояния растений, что обеспечивает выбор сроков обработки растений в критические фазы онтогенеза корректирующими средствами серии КАА. Представлен механизм действия одного из новых средств коррекции серии КАА – удобрения «Витанолл» № Госрегистрации 434-11-1491-1 [<https://www.agroxxi.ru/goshandbook/agrochem/434-11-1491-1.html>].

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПРЕПАРАТА ЛИГНОГУМАТ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ

Кохан С.К.

ООО «ЛИГНОГУМАТ», Санкт-Петербург

ksk@lignohumate.ru

Промышленные гуминовые препараты как самостоятельный вид агрохимикатов все более активно расширяют свое присутствие в современных агротехнологиях. Причем как в условиях с благоприятным климатом и высокой интенсивностью земледелия, где они уже давно доказали свою эффективность, так и в менее благоприятных, в частности в природных зонах засушливых степей и полупустынь при полуинтенсивном и экстенсивном ведении земледелия. А в связи с повсеместной аридизацией климата в последние десятилетия этот интерес продолжит возрастать.

Наша Группа Компаний уже на протяжении 25 лет ведет свою исследовательскую работу по применению препарата «Лигногумат» на разнообразных сельскохозяйственных культурах в различных почвенно-климатических условиях, в том числе и зонах с недостаточным увлажнением и высокими температурами воздуха.

Лигногумат за более чем двадцатилетнюю историю практического использования в сельском хозяйстве доказал свою эффективность. Его применение в комплексе со средствами защиты растений дает достоверные прибавки урожайности. Обработывая семена и проводя листовые обработки по вегетации, в частности на зерновых культурах, мы дополнительно получаем 2-3 ц/га зерна высокого качества на засушливых территориях, применяя препарат в более благоприятных условиях прибавки возрастают до 4-6 ц/га и более. При комплексных обработках пропашных культур, прибавки урожайности более значительны. Например, на картофеле - 50-70 ц/га, причем при снижении уровня нитратов в 1,5 -2 раза. При выращивании плодов и ягод прибавки достигают 3-5 т/га, причем влияние на качественные характеристики получаемой продукции проявляются ещё сильнее (повышение содержания сахаров и витаминов). В связи с низкими затратами на гектар использование Лигногумата, как компонента баковой смеси, при защите культур высоко рентабельно.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЕПАРАТОВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ

Кравченко Е.Г., Заварзина, А.Г.

Московский государственный университет, Факультет почвоведения, 119991, Москва

Гуминовые вещества (ГВ) – темноокрашенные продукты гумификации, составляющие основу гумуса. Общеизвестным методом их извлечения из почв является щелочная экстракция. Однако, в щелочной среде в присутствии кислорода воздуха возможны побочные реакции - окисление фенольных соединений, конденсация, окислительная дегградация, что может влиять на физико-химические свойства препаратов ГВ. Обществом по изучению гуминовых веществ (IHSS) рекомендована экстракция в атмосфере инертного газа (азота). В отечественной школе по изучению ГВ выделение в атмосфере азота используется крайне редко. Влияние условий экстракции на физико-химические свойства ГВ, выделяемых из почв с различными типами гумусообразования, изучено недостаточно, что обуславливает актуальность исследований в данной области. Цель работы: на примере контрастных по условиям гумусообразования типов почв установить влияние выделения ГВ в присутствие и отсутствие кислорода на физико-химические свойства препаратов ГВ.

ГВ были выделены из дерново-подзолистой почвы (ДПП, Московская обл.) и чернозема выщелоченного (Липецкая обл.) трехкратной экстракцией 0.1 М NaOH в атмосфере азота и без него. Препараты были очищены до зольности 2-3% высаливанием 0.4М NaCl (Орлов, Гришина, 1981). Были изучены выход препаратов (путем анализа растворенного С в вытяжках на ДОС-анализаторе), элементный состав (на СН анализаторе), спектры в видимой, ультрафиолетовой и ИК областях,

определены рКа и количество функциональных групп (потенциометрическим титрованием), молекулярные массы методом гель-фильтрации на Сефадексе G-75 в 0.025 М Трис-НСl буфере (рН 8.2) с добавлением 0.1% SDS и 0.01М NaCl.

Анализ растворенного углерода в щелочных вытяжках показал, что в дерново-подзолистой почве количество углерода в щелочных экстрактах (сумма трех вытяжек) составил около 40% от $C_{\text{общ}}$, а в черноземе – около 70% от $C_{\text{общ}}$. Количество ГК, переходящее в раствор при последовательных экстракциях (в % от суммы трех экстракций), составляло в ДПП 75%, 15% и 8% в первом, втором и третьем экстрактах, соответственно, а в черноземе – 90%, 5% и 2% соответственно. Таким образом, при препаративном выделении ГК из чернозема выщелоченного может быть достаточно однократной экстракции, тем более, что при второй и, особенно, третьей экстракциях происходит значительная пептизация коллоидов, что затрудняет очистку препарата от минеральных примесей. Установлено, что в изученных почвах продувание азотом (выделение в присутствии и отсутствие кислорода) не влияет ни на суммарный выход органических веществ (по $C_{\text{общ}}$ в щелочных вытяжках), ни на количество углерода во фракциях ГК и ФК.

Элементный состав, оптические свойства и количество функциональных групп в ГК, выделенных из чернозема, согласуются с литературными данными (Орлов 1992). Препараты ГК, выделенные из ДПП, имели некоторые особенности. Данные элементного состава показали достаточно высокое содержание азота для этого типа почв (около 5.0%), кроме того, в ИК-спектрах отмечалась очень интенсивная полоса амидI, которая перекрывала полосу COO^- групп. Полученные данные свидетельствуют о достаточно высокой примеси белкового азота в препаратах ГК из ДПП, возможно, микробного происхождения. Изучение физико-химических свойств препаратов ГК, выделенных из ДПП и чернозема в атмосфере азота и без него показало отсутствие различий. Ни соотношения О:С, ни количество функциональных групп (ОН и COOH), ни оптические свойства, ни молекулярно-массовые распределения не менялись, если ГК выделяли в присутствии или отсутствие кислорода. Результат оказался ожидаемым для черноземов, в которых высока биологическая активность и органическое вещество подвергается интенсивной окислительной трансформации в процессе гумификации, и несколько неожиданным для дерново-подзолистых почв.

Таким образом, установлено, что для дерново-подзолистых почв и выщелоченных черноземов, являющихся зональными почвами южной тайги и лесостепи и составляющих значительную часть мировых почвенных ресурсов, присутствие кислорода в щелочных экстрактах не влияет на физико-химические свойства препаратов ГК, выделяемых из этих почв. Продувание азотом, рекомендованное ИСС для выделения ГК, можно считать нецелесообразным для этих типов почв. Наши результаты также показали, что для выделения препаратов ГК из этих почв достаточно однократной экстракции.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 17-14-01207.

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА ПО ОТНОШЕНИЮ К ГУМИНОВЫМ КИСЛОТАМ

Кривцов Г.Г.², Кулябко Л.С.¹, Айдемир Т.¹, Кыдралиева К.А.¹

¹Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет), Москва

²Институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова РАМН, Москва

e-mail: l.kyluabko@gmail.com

Одними из наиболее распространенных загрязнителей в воде являются фенольные соединения, источником которых является не только фенол промышленных предприятий, но и гуминовые вещества (ГВ) природных вод. С одной стороны, гуминовые вещества являются эффективными детоксикантами, контролирующими состояние и миграцию, в частности, тяжелых металлов в почвенных средах, с другой, гуминовые кислоты природных вод, реагируя с хлором во время обработки воды, способны образовывать канцерогенные тригалометаны. [1]. Настоящая работа направлена на исследование

сорбционной способности в отношении гуминовых кислот (ГК) хитозана, одного из самых распространенных биополимеров, обладающего биосовместимостью и высокими комплексообразующими свойствами, в том числе по отношению к ГК [2]. В задачи настоящего исследования входило получение композитных материалов на основе $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_x$ (МТ) и хитозана (ХИТ) и исследование их сорбционных свойств по отношению к гуминовым кислотам.

С целью получения жестких матриц хитозана, усиливающих его комплексообразующие свойства, получены производные хитозана с использованием глутарового альдегида (ГЛУ) и K_2SO_4 соответственно в качестве сшивающих агентов. Установлено образование сшитых структур хитозана согласно данным ИК-спектроскопии согласно появлению характеристичных полос поглощения $\text{C}=\text{N}$ связей при $1680\text{-}1620\text{ см}^{-1}$ для ХИТ-ГЛУ и $\text{S}=\text{O}$ группы при 1060 см^{-1} для ХИТ- K_2SO_4 . Согласно данным ИК-спектроскопии доказано образование комплексов между ХИТ и ГК. Полосы при 885 и 850 см^{-1} , представляющие раскачивающие (маятниковые) колебания NH_3^+ -групп, исчезли после процесса адсорбции, что свидетельствует о взаимодействии NH_3^+ -групп с $-\text{RCOO}-$ и $-\text{RO}-$ группами ГК с образованием интерполиэлектролитных комплексов. Увеличение интенсивности полос поглощения при $1000\text{-}1100\text{ см}^{-1}$ для МТ-ХИТ указывает на образование связей Si-O-Si .

Установлено, что сорбционная емкость производных хитозана обратно пропорциональна прочности «сшивки» и при выбранных условиях синтеза не зависит от вида сшивающего агента, но зависит от его концентрации. Так, при соотношении ХИТ-ГЛУ=1:0,02 об.% эффективность удаления ГК составляет 60 %, при ХИТ-ГЛУ=1:0,2 об.% – 22%. На основании проведенных сорбционных экспериментов полученные комплексы производных хитозана по величине сорбционной активности по отношению к гуминовым кислотам можно расположить в следующий ряд: ХИТ- K_2SO_4 = ХИТ-1ГЛУизм > ХИТ-1ГЛУ > МТ-ХИТ- K_2SO_4 > ХИТ-2ГЛУ > МТ-ХИТ-1ГЛУ > ХИТ

На основании исследований процессов десорбции показано, что после первой стадии экстрагирования концентрация необратимо связанных ГК составила 20 %, а при повторной десорбции ГК – 79%. Установленные корреляции между структурой производных хитозана, типом сшивающего агента, степенью сшивания и сорбционной емкостью производных хитозана позволяют проводить обоснованный выбор производных для эффективного извлечения из растворов гуминовых кислот.

Полученные результаты по связыванию ГК с ХИТ создают предпосылки к созданию разнообразных новых функциональных материалов на основе двух природных полиэлектролитов для различных областей промышленности, включая фармацевтическую промышленность и экологическую отрасль. В таких материалах реализуется взаимовыгодный симбиоз компонентов.

1. M.Y. Chang, R.S. Juang, Adsorption of tannic acid, humic acid, and dyes from water using the composite of chitosan and activated clay// J. Colloid Interface Sci. 2004. 278.P. 18-25

2. M. A. Zulfikar. Preparation of Fe_3O_4 -chitosan hybrid nano-particles used for humic acid adsorption // J. Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management. 2016. 64. P. 64-75.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-33-01270/18.

СИЛАНОЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛИ ПОЧВ

Куликова Н.А.^{1,2}, Холодов В.А.^{1,3}, Филиппова О.И.¹, Воликов А.Б.¹, Зиганшина А.Р.¹,
Ярославцева Н.В.³, Сафронова Н.А.¹, Перминова И.В.¹

¹ ФГОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва,
knat@darvodgeo.ru

² Институт биохимии РАН им. А.Н. Баха, ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН,
Москва, knat@darvodgeo.ru

³ ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва, vkholod@mail.ru

Непрерывно возрастающая антропогенная нагрузка на сельскохозяйственные земли и нарушение севооборотов привели к развитию различных процессов деградации почвы, среди которых одним из основных является разрушение почвенной структуры, и, как следствие, ухудшение водно-физических свойств почвы. Ухудшение структуры пахотного горизонта уже отмечено на огромных площадях, и многие сельскохозяйственные почвы в настоящее время характеризуются неудовлетворительным структурным состоянием, что резко снижает их плодородие. Существующие способы восстановления структуры почв, подразумевающие использование структурообразователей, имеют ряд недостатков и не получили широкого применения в хозяйствах. Поэтому актуальным является поиск новых способов мелиорации почв, направленных, прежде всего, на улучшение почвенной структуры. Одним из наиболее перспективных методов с этой точки зрения является внесение в почву производных гуминовых кислот (ГК), таких как ГК, модифицированные силоксанами. Целью нашей работы было проведение оценки структурообразующих свойств силанольных производных ГК.

В качестве силанольных производных использовали ГК угля, модифицированные 3-аминопропилтриэтоксисилоаном (АПТЭС), также известным как АГМ-9. Силанольное производное ГК получали путем гидролиза АПТЭС в растворе гумата калия «Сахалинский» (Биомир-2000, РФ) согласно [1]. Соотношение ГК:АПТЭС в реакционной смеси подбирали таким образом, чтобы 100% карбоксильных групп ГК могли провзаимодействовать с АПТЭС. Исходный препарат гумата калия обозначали как ГКУ, а его силанольное производное как ГКУ-АПТЭС.

Схема проведения эксперимента предусматривала проведение испытаний на почвах различного типа (серые лесные, чернозем обыкновенный, чернозем выщелоченный, каштановые почвы) и разного использования (целинных и находящихся в сельскохозяйственном использовании). Выбранные образцы почв пятикратно насыщали растворами ГКУ или ГКУ-АПТЭС в концентрации 10 г/л и инкубировали при 25°C в течение 21 сут. После инкубирования и высушивания до воздушно-сухого состояния в образцах определяли содержание и средневзвешенный диаметр (СВД) водоустойчивых агрегатов.

Расчет СВД водоустойчивых агрегатов, проведенный на основании ситового анализа в стоячей воде на наборе сит от 0,25 до 10 мм показал, что во всех случаях внесение ГКУ или ГКУ-АПТЭС привело к возрастанию этого показателя в 1,1–2,3 раза. Корреляционный анализ выявил наличие прямой положительной взаимосвязи между СВД водоустойчивых агрегатов до и после обработки гуминовыми препаратами. Для водоустойчивых агрегатов, образующихся под действием ГКУ, коэффициент корреляции составил 0,89, а для ГКУ-АПТЭС 0,95. Однако изучение корреляционных полей показало, что вместо линейной зависимости в данном случае, по-видимому, наблюдается полиномиальная зависимость второго порядка с выходом на плато по оси x при величинах около 0,6–0,7 мм и по оси y – в районе 1,0–1,2 мм. Это указывает на то, что максимальный отклик с точки зрения структурообразующей способности можно ожидать на почвах с СВД водоустойчивого агрегата менее 0,6 мм. С другой стороны, полученные зависимости свидетельствуют, что максимальный размер средневзвешенного диаметра водоустойчивого агрегата, который можно получить при обработке почвы ГКУ-АПТЭС, составляет 1,0–1,2 мм.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект №16-14-00167.

1. Volikov A.B., Ponomarenko S.A., Gutsche A., Nirschl H., Hatfield K., Perminova I.V. Targeted design of water-based humic substances-silsesquioxane soft materials for nature-inspired remedial applications. RSC Advances, 2016, 6:48222–48230.

МАГНИТНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В КАЧЕСТВЕ СЕЛЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ ИОНОВ МЕДИ (II)

Кулябко Л.^{1*}, Касымова Э.², Виноградов В.², Кыдралиева К.¹

1. Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет), Москва

2. Институт химии и фитотехнологии, Киргизия

* l.kyluabko@gmail.com

Настоящее исследование посвящено созданию методом молекулярного импринтинга селективных сорбентов на основе модифицированных магнитными наночастицами гуминовых кислот и аминов по отношению к ионам меди (II), образующим устойчивые хелатные комплексы. Участие наночастиц магнетита в молекулярно-импринтированных полимерах значительно облегчает элюирование без фильтрации, центрифугирования или других сложных операций за счет использования внешнего магнитного поля [1]. Предлагаемый в работе подход для получения магнитных селективных сорбентов основан на предварительном инкапсулировании наночастиц Fe₃O₄ в матрицу ГК, на поверхности которых последовательной "сшивкой" создается импринтированный сорбционный слой. Такая послойная техника получения темплатов позволяет проектировать биоматериалы и платформы для доставки лекарств, селективных сорбентов и др. [2, 3]. Такой подход был использован для селективного связывания ионов стронция в районах, загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, настроенными полимерными сорбентами на основе сополимеров диакрилата стронция со стиролом, метилметакрилатом, акриловой кислотой и сшивающего агента – диметакрилового эфира этиленгликоля и др. [4]. Полученные сополимеры обладали значительной скоростью сорбции (равновесие устанавливалось в течение нескольких минут) и сорбционной емкостью (0.5-3.0 мг-экв Sr/g). Фактор селективности (отношение количества сорбированного «собственного» иона к количеству «чужого» иона) составлял 1:20-1:27.

Синтез Cu(II)-импринтированных материалов включал три стадии: комплексообразование между Fe₃O₄@ГК и ионами меди (II), сополимеризация комплекса с матричнообразующим мономером и удаление иона металла после образования трехмерной структуры. Магнитные Cu(II)-импринтированные нанокомпозиты (Fe₃O₄@ГК@Cu(II)) были получены сшиванием ГК с м-аминофенолом. Физико-химическая характеристика синтезированных нанокомпозитов была получена с помощью методов ИК-спектроскопии, РФА, термогравиметрического анализа, СЭМ, низкотемпературной адсорбции-десорбции N₂. Изучено влияние различных параметров на эффективность экстракции, таких как pH раствора образца, количество адсорбента, время экстракции, тип и концентрация элюента. Определены термодинамические и кинетические параметры процесса адсорбции.

Удаление ионов Co(II), Cd(II), Zn(II), Pb(II) из импринтированного материала и создание полостей для ионов Cu(II) было доказано путем сопоставления сорбционной емкости импринтированного и неимпринтированного материалов. Определены относительные коэффициенты селективности импринтированного композита для пар металлов Cu(II)/Co(II), Cu(II)/Cd(II), Cu(II)/Zn(II) и Cu(II)/Pb(II). Экспериментальные данные хорошо согласуются с изотермой адсорбции Лэнгмюра. Максимальная адсорбционная емкость Cu-импринтированного материала, полученная из изотермы Лэнгмюра, составляет 134,09 мг/г. Такой материал может удалять более 96% ионов Cu(II) из сточных вод, что указывает на высокую сорбционную активность.

Начаты исследования по разработке другого типа импринтированных магнитных композитов со структурой «ядро-неорганическая оболочка», полученные иммобилизацией на поверхности наночастиц магнетита оксидов кремния (Fe₃O₄/SiO₂) золь-гель-методом. Поверхность была дополнительно модифицирована ГК. Согласно данным РФА-анализа, основная фаза и средний размер наночастиц Fe₃O₄ не изменяется после поэтапной функционализации наночастиц тетраэтоксисиланом

и 3-аминопропилтриэтоксисиланом в качестве защитной и функциональной оболочек соответственно. Эксперименты по импринтингу ионов меди (II) композитом $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ @ГК продолжаются.

Список использованной литературы.

1. P. Yáñez-Sedeño, et al. *Analytica Chimica Acta*, 2017, 960, 1-17.
2. A. Speltini, et al. *Analytica Chimica Acta*. 2017, 974, 1-26.
3. M. Dabrowski, et al. *Biosensors and Bioelectronics*, 2018, 102, 17-26.
4. A.D. Pomogailo, et al. *Proc. of AS*, 1994, 335 (6), 749.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-33-01270/18.

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

Логвинова Л.А.^{1*}, Зыкова М.В.¹, Кривошеков С.В.^{1,2}, Голубина О.А.¹, Белоусов М.В.¹

¹ - ФГБОУ ВО Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Томск, 634050, Томск, Московский тракт, 2.

² - ФГАУ ВО Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет, г. Томск, 634050, Томск, пр. Ленина, 30.

*ludmila_logvinova@mail.ru

Введение: Гуминовые кислоты (ГК) – группа веществ природного генеза, которые обладают доказанной физиологической активностью в сочетании с низкой токсичностью. Это способствует их широкому применению в качестве пищевых добавок и ветеринарных препаратов в комплексной терапии широкого круга нозологий. Но, официальное применение гуминовых препаратов в медицине ограничивает отсутствие зарегистрированных лекарственных средств на их основе, ввиду сложности проведения стандартизации вследствие их стохастического строения. В связи с чем, решение проблемы стандартизации ГК — одна из актуальных задач современной отечественной фармации.

Объект и методы исследования: ГК верхового сосново-пушицевого вида торфа с торфяного месторождения «Васюганское» (Томская область), выделенные 0,1 моль/л раствором натрий пирофосфата (Зыкова М.В., 2017). Регистрацию электронных спектров поглощения 0,001 % водных растворов ГК проводили на спектрофотометре Unicо 2800 (США), из полученных спектров определяли коэффициенты экстинкции (E_{465} и E_{650}) и вычисляли коэффициент цветности $Q_{4/6}$ по Е. Вельте (Орлов Д.С., 1990). Регистрацию флуоресцентных спектров 0,0004 % растворов (фосфатный буфер, рН=6,86) проводили на флуориметре ФЛЮОРАТ-02 ПАНОРАМА (г. Санкт-Петербург), постоянная разность монохроматора ($\Delta\lambda=20\text{нм}$) при $\lambda_{\text{возб}}=270, 310$ и 355 нм. В спектрах определяли положения максимума флуоресценции, и вычисляли «синий сдвиг» максимума флуоресценции (Милюков А.С., 2007). ИК-спектры ГК записывали на ИК – Фурье - спектрометре ФСМ 1201 (г. Санкт-Петербург) в таблетках с КВг (в соотношении 1:100 соответственно), в интервале значений волновых чисел от 500 до 4000 см^{-1} . Вычисляли отношения оптических плотностей полос поглощения (ОПП) кислородсодержащих функциональных групп ($\nu_{\text{OH}} 3400 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{\text{C=O}} 1720 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{\text{C-O, C-O-C}} 1225 \text{ см}^{-1}$, $\nu_{\text{C-O}} 1035 \text{ см}^{-1}$), к оптическим плотностям полос поглощения, соответствующим ароматическим ($\nu_{\text{C=C}} 1610 \text{ см}^{-1}$) и алифатическим ($\nu_{\text{Alif}} 2920 \text{ см}^{-1}$) фрагментам структуры. Элементный состав определяли методом сжигания на С,Н,Н – анализаторе элементного состава «EuroEA 300» (Италия), содержание кислорода — по разности. Массовые доли элементов в процентах ($\%_{\text{mass}}$) рассчитывали по градуировочным зависимостям, построенным с использованием Sulphanilamide Reference standard material, вычисляли атомные доли элементов ($\%_{\text{atom}}$) и атомные отношения по общепринятым методам, предложенным Д.С. Орловым (Орлов Д.С., 1990). Молекулярно-массовое распределение исследовали методом ВЭЖХ с использованием хроматографической системы Dionex Ultimate 3000 («Thermo», США), неподвижная фаза: хроматографическая колонка для эксклюзионной хроматографии Ultrahydrogel 250, 250 Å, 7,8x300 мм (Waters, США), подвижная фаза: 0,1 М трис-НСl буферный раствор с рН=8,89, скорость потока элюента 1 мл/мин. Калибровочную зависимость строили с использованием стандартных растворов ($c= 1$ мг/мл) натриевой соли полистиролсульфата (PSS Polymer Standards Service GmbH, Германия) с молекулярными массами 1100, 1830, 4230, 10600, 29100 и 75600 Да. Количественное определение ГК в растворах проводили спектрофотометрическим методом с использованием градуировочного графика.

Результаты и обсуждение. На основании результатов электронной, флуоресцентной, ИК-спектроскопии, элементного анализа и эксклюзионной ВЭЖХ разработаны показатели подлинности и качества для ГК торфа. Параметры идентификации: профили полос поглощения/флуоресценции и положения их максимумов. Числовые показатели: спектральные коэффициенты по данным электронной (E_{465} и E_{650} , $Q_{4/6}$), флуоресцентной ($\lambda_{возб}$ =270, 310 и 355 нм, $\Delta 1$, $\Delta 2$) и ИК-спектроскопии (отношения ОППП), параметры C,H,N,O-элементного анализа (C,H,N,O %_{mass}, C,H,N,O %_{atom}, отношения H/C, O/C, C/N) и молекулярно-массового распределения (пиковое значение молекулярных масс (M_p) — медиана, средневесовая (M_w) и среднечисленная (M_n) молекулярные массы, а также полидисперсность (p) как отношение M_w/M_n). Разработана методика количественного определения ГК в растворах (гуминовых препаратах, биологических жидкостях).

Выводы. Предложенные методики и подходы к стандартизации ГК являются основанием для разработки нормативной документации для ГК.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ГИДРОЗОЛЯ АКТИВИРОВАННОГО ТОРФА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ

Мирошниченко О.В.¹, Косолапова Н.И.¹, Проценко А.А.², Проценко Е.П.¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный университет», ²ООО ТПК «КАВИТА», г. Курск
E-mail: Nataliko7@yandex.ru

Оптимальным решением для увеличения урожайности ячменя в условиях повышения требований к безопасности продукции и технологий ее получения может стать внедрение в практику возделывания культуры биопрепаратов. ООО ТПК «КАВИТА» производит биопрепарат «CAVITABIOCOMPLEX», представляющий из себя гидрозоль торфа, активированного ультразвуковой кавитационной обработкой при высоком статическом давлении без применения химических реагентов [1]. В качестве основных биологически активных компонентов препарата выступают гумусовые кислоты, способные стимулировать рост и развитие растений.

Были проведены производственные испытания эффективности внекорневого применения указанного агропрепарата при возделывании ячменя в условиях Орловского района Ростовской области в течение вегетационного периода 2017 года. Для испытаний были выделены контрольный участок (№1) площадью 4,8 га и два опытных участка (№2, №3) площадью 6,5 га каждый, на которых, в соответствии с технологической картой, принятой в хозяйстве, возделывался ячмень сорта «Прерия». Описание опытных вариантов, результаты оценки промежуточной продуктивности с использованием метода укоса в фазу молочной спелости и результаты оценки итоговой урожайности представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты оценки урожайности ячменя сорта «Прерия»

Варианты	S делянок, га	Сырой вес биомассы ячменя с 1-го кв.м, кг	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая к контролю, ц/га
Участок №1 Без обработок препаратом	4,8	1,59	30,7	-
Опытный участок №2 Предпосевная обработка семян 5%-ным раствором + внекорневая обработка 0,5%-ным раствором.	6,5	1,91	32,2	1,5
Опытный участок №3 Предпосевная обработка семян 5%-ным раствором + внекорневая обработка 1%-ным раствором.	6,5	2,62	34,2	3,5
НСР05		0,22	1,6	

В условиях производственных испытаний некорневая обработка 0,5%-ным рабочим раствором препарата «CAVITA BIOCOMPLEX» привела к значимому увеличению сырой биомассы посевов на 20,1 % и к незначимому увеличению урожайности зерна на 4,9%, в то время как внекорневая обработка

1%-м раствором привела к значимому увеличению сырой биомассы посевов на 64,8% при увеличении урожайности зерна на 11,4% относительно контроля. Видно, что высокие прибавки надземной биомассы, зафиксированные в процессе промежуточных наблюдений, на вариантах опыта не реализовались полностью в итоговой урожайности. Следует отметить, что практически все фазы роста и развития ячменя проходили в достаточно благоприятных для данной культуры условиях, что при дополнительной стимуляции роста и развития растений при помощи агропрепарата «САВИТА ВІОСОМРЕХ» привело к интенсивному кущению и формированию большего числа колосьев на посевах. Однако, в период восковой спелости, когда особенно важно для получения высокого урожая сохранение зелеными и функциональными верхних листьев и колоса, сложились не благоприятные условия для развития растений. Высокая температура в сочетании с низкой влажностью воздуха и почвенной засухой в данный период спелости зерна ограничили возможность реализации, заложенной в более ранние периоды развития продуктивности.

1. Патент 2533235 Российская Федерация. Способ получения биогеля и биогель. О.В. Володина, А.В. Смородько. Заявл. 03.07.2013; опубл. 07.08.2014.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Митрофанов С.В., Гапеева Н.Н.

Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВІМ, г. Рязань, f-mitrofanoff2015@yandex.ru

Повышение урожайности полевых культур – основная задача производителей сельскохозяйственной продукции. Отдавая должное традиционным способам увеличения продуктивности отрасли растениеводства, следует помнить, что современная наука создает инновационные технологии и отдельные элементы этих технологий, повышающие урожайность, снижающие затраты трудовых и материальных средств, химическую нагрузку на окружающую среду. Обзор литературного материала по способам получения и использования гуматов показал, что гуминовые препараты использовались во многих почвенно-климатических условиях, на различных культурах. Анализ данных исследований свидетельствует о необходимости индивидуального подхода к использованию гуминовых препаратов, детального изучения их в каждой природной зоне. Это вполне относится и к условиям Рязанской области, где проведено относительно небольшое количество исследований с гуматами различного производства. Ввиду этого на протяжении 2014-2018 гг. проводились лабораторные и полевые опыты на ячмене яровом и горохе посевном.

В ходе проведения лабораторных исследований установлено, что обработки семян ячменя ярового инновационными гуминовыми препаратами оказывают положительное влияние на посевные и урожайные качества семенного материала. Наиболее сильный положительный эффект получен при обработке семян с пониженными посевными качествами, что довольно часто встречается при уборке семенных посевов в годы с обильными осадками, дефиците тепла, нарушениях технологии уборки, подготовки семян. Обработка таких семян повышает посевные качества – энергию прорастания, всхожесть, силу роста. Обработка семян с высокими посевными качествами оказывает значительное стимулирующее воздействие на продукционные процессы на ранних этапах роста и развития растений ячменя. Используемый в опыте гумат Экорост (рН 6,5-7,9; содержание действующего вещества – до 55 г/л), полученный на технологической линии ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВІМ, достоверно повышает всхожесть семян элиты на 2-5 %, репродукций – до 9%. Изучение сортовой реакции на обработку семян гуминовыми препаратами позволили установить, что различные сорта ячменя ярового имеют разную отзывчивость на обработку семян гуминовыми препаратами. Каждый из сортов ячменя имел разную восприимчивость к кислотности гуминовых удобрений и содержанию в них гуминовых веществ.

Применяемые в ходе полевых опытов удобрения и препараты сокращали время наступления фаз развития ячменя. На всех вариантах всходы появились на 1-3 дня раньше, чем на контроле. Установлено стимулирующее влияние изучаемых гуминовых препаратов на продукционные процессы

(корневая система, воздушно-сухая масса и т.д.). Использование бинарных комплексов с другими препаратами приводит к усилению стимулирующего эффекта на ранних фазах онтогенеза. В случае дефицита элементов жизнеобеспечения (влаги, элементов питания) усиливается редукция вегетативных метамеров (побегов кущения, числа колосьев, числа зерен в колосе). В среднем за три года предпосевная обработка семян ячменя гуматом Экорост позволила достичь урожайности 0,27 т/га с прибавкой 0,43 т/га к контролю.

Использование минеральных удобрений обеспечило повышение урожайности ячменя в среднем за 2015-2016 гг. на 0,17 т/га, а внесение удобрений, обработанных гуминовым препаратом, – 0,47 т/га. Повышение эффективности минеральных удобрений при обработке их Экоростом, можно объяснить тем, что гуминовые вещества могут вступать в уникально широкий спектр всевозможных взаимодействий с различными классами органических соединений, образовывать комплексы с металлами и сложными почвенными минералами. Анализ структуры урожая показал, что прибавки урожая складывались, в первую очередь, за счет увеличения густоты продуктивного стеблестоя. Наиболее сильное влияние на данный показатель оказало внесение минеральных удобрений, обработанных гуматом Экорост. В среднем по вариантам за 2015-2016 гг. число продуктивных колосьев на фоне без внесения удобрений составило – 416; на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 420; на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Экорост – 463 шт/м². Из вариантов предпосевной обработки семян наибольший эффект на число продуктивных колосьев оказал гуминовый препарат Экорост. В среднем за 2015-2016 гг. число продуктивных колосьев на фоне без внесения удобрений составило – 452; на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 460; на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Экорост – 521 шт/м².

В полевом опыте с горохом посевным, помимо перечисленного действия гуминовых препаратов, установлено положительное влияние на количество азотфиксирующих клубеньков.

ПРИМЕНЕНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ РАЗЛОЖЕНИЯ СОЛОМЫ В ПОЧВЕ

Наими О.И.

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Ростов-на-Дону,
e-mail: o.naimi@mail.ru

Использование соломы, остающейся на полях при выращивании зерновых, в качестве органического удобрения – перспективный агротехнический прием, направленный на сохранение и воспроизводство плодородия почв в агроценозах. Внесение соломы в почву возвращает в биологический круговорот биофильные элементы питания (калий, азот, фосфор, кальций, магний) и ряд микроэлементов (цинк, марганец, железо, медь, бор, молибден), ежегодно отчуждаемые с урожаем сельскохозяйственных культур, увеличивает биологическую активность почвы, улучшает ее структуру и водно-воздушный режим. Целлюлоза, лигнин, гемицеллюлоза и пентозаны, входящие в состав соломы, являются энергетическим субстратом для почвенных микроорганизмов и основным источником органических соединений для синтеза гумуса. Содержание углерода в соломе в 3-4 раза больше, чем в других органических удобрениях. Однако, солома зерновых культур имеет длительный период разложения, что связано с высоким содержанием в ее составе трудно разлагаемых кремнийорганических соединений, целлюлозы и лигнина, а также из-за широкого соотношения углерода к азоту. Кроме того, из-за активного использования минеральных форм азота микроорганизмами, разлагающими солому, ухудшается азотное питание растений, что может привести к снижению урожайности возделываемых культур в первый год после заделки соломы, если не внести компенсирующую дозу азота. Обработка соломы гуминовыми препаратами перед заделкой позволяет ускорить протекание процессов минерализации и гумификации соломы.

В 2015-2017 гг. в ФГБНУ ФРАНЦ проводились полевые и лабораторные опыты по изучению процессов разложения соломы в черноземе обыкновенном карбонатном и влияния на них обработки гуминовым препаратом ВЮ-Дон, полученным щелочной экстракцией из вермикомпоста, с общим содержанием гуминовых веществ 2 г/л. Исходная почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание общего гумуса – 3,55%, нитратного и аммонийного азота – соответственно 2,2 и 20,1 мг/кг, подвижного фосфора – 33,8 мг/кг.

В полевых опытах обработка проводилась в августе перед запашкой соломы в дозировке 2 л/т на фоне внесенного аммофоса в дозе 100 кг/га. Контроль – почва с запаханной соломой без внесения гуминового препарата. В апреле следующего года отбирали образцы почвы и определяли количество неразложившейся соломы. Эксперимент показал, что скорость разложения соломы при внесении азотного удобрения увеличивалась в 1,35-1,40 раза по сравнению с контрольным вариантом без удобрений. Еще больше увеличивается скорость разложения соломы (в 1,45-1,50 раза) при совместном применении гуминового препарата с азотными удобрениями. Таким образом, обработка растительных остатков гуминовым препаратом ВЮ-Дон показала высокую эффективность для очистки полей от стерни и соломы и включения их в процессы минерализации и гумификации.

В лабораторном опыте почву из пахотного слоя смешивали с соломой озимой пшеницы и компостировали 12 месяцев при влажности почвы 60% от ПВ. Обработка соломы проводилась при закладке опыта гуминовым препаратом ВЮ-Дон, исходя из той же дозы, что и в полевом эксперименте. Контроль – почва с соломой без обработки и почва с соломой и аммиачной селитрой (из расчета 10 кг/т). Установлено, что максимальная эффективность процессов гумусообразования при разложении соломы в почве отмечалась в первые 6 месяцев эксперимента, о чем свидетельствует увеличение общего содержания гумуса, его мобильной фракции, а также снижение отношения С_{гк}:С_{фк} в этот период. Через 5 месяцев компостирования почвы с соломой наибольшее содержание гумуса было в варианте с азотным удобрением – 3,69%, в варианте с гуминовыми препаратами оно составило 3,64%, а на контроле без удобрений – 3,62%. Внесение соломы стимулирует протекание гидролитических и окислительно-восстановительных процессов и увеличивает ферментативную активность почвы. За 12 месяцев компостирования активность каталазы на контроле увеличилась на 31,9%, на варианте с гуминовым препаратом ВЮ-Дон – на 34,2%, а на варианте с минеральным азотом – на 34,8%. За этот же период рост активности инвертазы составил на варианте с гуминовым препаратом – 30,5%, с минеральным азотом – 31,6%, а на контроле – 26,8%.

Таким образом, на черноземах обыкновенных карбонатных обработка соломы озимой пшеницы гуминовыми препаратами перед ее заделкой в почву с внесением компенсирующей дозы минерального азота является эффективным агротехническим приемом для борьбы с засорением пашни пожнивными остатками, ускоряет процессы разложения соломы и способствует сохранению и накоплению гумуса в почве.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГАЗОННЫХ ТРАВ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА

Госсе Д.Д., Панина М.А., Егоров В.С.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, d9151054555@gmail.com

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, marinapanina63@yandex.ru

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, evs_msu@mail.ru

В современных условиях городские насаждения, в том числе газоны, испытывают колоссальный стресс. В связи с этим для поддержания их здорового виданеобходиматакая система удобрений, в которой будут сбалансированы все элементы питания, а также будут учитываться новые формы и виды удобрений, разработанные с учётом новейших технологий и направленные на оптимизацию системы питания растений. Целью нашей работы являлась оценка эффективности применения актуальных на данный момент гуминовых препаратов при выращивании газонных трав.

Для решения поставленных нами задач в июне 2014 года был заложен мелкоделяночный опыт на территории учебно-опытного ландшафтного и почвенно-лизиметрического парка при стационаре факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. Объектом исследования была модельная газонная экосистема, представляющая собой конструктором с произрастающей на ней газонной травосмесью. Для создания органогенного горизонта конструктора был использован навальный грунт, соответствующий ПП-№514 от 2011 года, состав которого включал 30% очищенного песка и 70% низинного торфа. Использовалась газонная травосмесь типа «Универсальная» марки «Изумрудная поляна люкс» агрофирмы «Поиск». Площадь делянки—2 м², повторность трёхкратная. Перед посевом

почва обрабатывалась раствором удобрений «Агро-Нова Био» и Гуматом К «Флексом» в разведении 1:400 из расчёта 300 л на 1 га. В соответствующие варианты опыта в 2014 году фоном вносили полное минеральное удобрение NPK в виде солей в дозе N60P60K60 с предпосевной заделкой на глубину 0-10 см. В 2015 и 2016 гг. исследовали последствие полного минерального удобрения. Фолиарная обработка растений препаратами «Агро-Нова Био» и Гуматом К «Флексом» проводилась каждый год через 10 дней после всходов, а затем после каждого укоса (всего 4 укоса за один вегетационный период) раствором разведения 1:500 из расчёта 300 л на 1 га (со второго года удобрение «Агро-Нова Био» было заменено на гуминовый препарат «Биоплант Флора Био»).

В результате трёх лет исследований было установлено, что применение гуминовых препаратов на фоне NPK (при их прямом действии и последствии) обеспечило наибольшую прибавку биомассы, увеличение содержания азота в растениях и выноса его с биомассой, а также усвоения микроэлементов из почвы растениями. Достоверной разницы в действии трёх исследованных гуматов на биомассу газонных трав обнаружено не было. При анализе полученных данных был выявлен низкий уровень обеспеченности растений газона микроэлементами (Cu, Zn, Mn). Результаты исследования проективного покрытия при помощи программы Surfer 11 показывают, что проективное покрытие выше на вариантах с совместным применением гуминовых препаратов и NPK. Применение препаратов без минеральных удобрений способствует достоверному увеличению задернённости опытных участков по сравнению с контролем (на 10-13%) и выравнивает их с вариантами на фоне комплекса с NPK. Из вышесказанного следует, для того чтобы получить газон, устойчивый к неблагоприятным факторам окружающей среды и выполняющий свои функции эстетического и экологического характера, необходимо наряду с применением полного минерального удобрения и гуминовых препаратов использовать удобрения, содержащих в своём составе микроэлементы.

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТОРФА АКТИВИРОВАННОГО УЗ КАВИТАЦИОННОЙ ДИСПЕРГАЦИЕЙ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Плаксина И.Н, Мирошниченко О.В., Косолапова Н.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный университет», Курск, Россия. minyonchic@mail.ru

В настоящее время активно развивается направление связанное с разработкой препаратов энтеросорбентов на основе природного сырья. Благодаря сложному составу и строению компонентов торф проявляет выраженные сорбционные свойства, что обуславливает возможность его применение после соответствующей активации в качестве энтеросорбента [1].

В качестве способа активации торфяной системы (увеличения площади поверхности частиц, увеличения числа активных сорбционных центров) предложено использовать метод ультразвуковой кавитационной диспергации при высоком статическом давлении [3].

Торф активированный с применением указанного способа обработки в водной среде представляет собой гидрозоль - черно-коричневую пастообразную массу. Исследования образцов гидрозоля торфа при помощи растрового электронного микроскопа FEIQuanta 650 FEG в режиме высокого вакуума (давление в камере 3×10^{-3} Па) показали, что дисперсная фаза золя представлена наноразмерными частицами, которые склонны к агрегации с образованием аморфных структур, размер которых лежит в микрометровом диапазоне.

Для оценки белковосвязывающей активности гидрозоля активированного торфа, обуславливающей детоксицирующую способность по отношению к патологическим агентам белковой природы (микроорганизмы и их токсины, “молекулы средней массы” и биоактивные кишечные полипептиды эндогенного происхождения) в качестве вещества маркера использовали человеческий сывороточный альбумин (ЧСА) [2].

Сорбцию проводили из модельных растворов имитирующих среду двенадцатиперстной кишки с pH 7,5 (0,9% раствор NaCl, pH которого доведен с помощью гидрокарбоната натрия до значения 7,5). Время контакта навески сорбента с веществом – маркером 30 мин.

Показано, что равновесие сорбции в изученной системе «вещество-маркер – сорбент» в диапазоне концентраций ЧСА 0,2-15 мг/см³с высоким коэффициентом корреляции описывается изотермой Ленгмюра. Для определения основных параметров процесса была проведена линеаризация изотермы по способу Скэтчарда:

$$\frac{C}{a} = \frac{1}{a_m * K_L} + \frac{1}{a_m} * C$$

Было проведено изучение кинетики сорбции ЧСА торфом активированным. Полученные экспериментальные данные удовлетворительно аппроксимируются с помощью модели псевдо-второго порядка ($R^2 > 0,9$), что свидетельствует о том, что процесс сорбции лимитирует химическая реакция обмена, а не диффузионная стадия, при этом взаимодействие между функциональными группами сорбента и сорбата идет в соотношении 1:1 ($k_2 = 3 \times 10^{-5} \text{ г} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1/2}$). Следует отметить, что линеаризация кинетической кривой процесса сорбции ЧСА в рамках диффузионных моделей Бойда и Морриса-Вебера так же проходит с довольно большими значение коэффициентов детерминации ($R^2 > 0,8$), что указывает на то, что время при прохождении сорбционного процесса расходуется не только на химическое взаимодействие сорбата с сорбентом, но и на диффузионную стадию, характеризующуюся смешанно-диффузионный механизмом.

Сорбционная емкость a_m и константа сорбции K_L активированного торфа методом ультразвуковой кавитационной диспергации при высоком статическом давлении по веществу-маркеру составила 1250 мг/г и 0,256 дм³/мг соответственно, что свидетельствует о перспективности его использования в качестве энтеросорбента.

Список используемых источников:

1. Инишева Л.И., Юдина Н.В., Соколова И.В., Ларина Г.В., Характеристика гуминовых кислот представительных видов торфов [Текст]// Л.И. Инишева, Н.В. Юдина, И.В. Соколова, Г.В. Ларина – Химия растительного сырья – АлтГУ: - 2013 - №4 - С.5
2. Решетников В.И., Оценка адсорбционной способности энтеросорбентов и их лекарственных форм [Текст] //В.И. Решетников – Химико-фармацевтический журнал – 2003 - Т. 37 - №5 - С. 28–32.
3. Патент 2533235, РФ. Способ получения биогеля и биогель / Смородько А.В., Володина О.В., заявл.3.07.2013, опубл. 20.11.2014. Бюл. №2 – С. 4.

ПРИМЕНИМОСТЬ РАЗНЫХ МЕТОДИК ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В ГИДРОЗОЛЕ АКТИВИРОВАННОГО ТОРФА

Сковороднева А.В. Екимченко М.А. Мирошниченко О.В. Косолапова Н.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Курский государственный университет», г. Курск

E-mail: Nataliko7@yandex.ru

Гидрозоле активированного торфа, получаемый диспергированием торфяного комплекса в водной среде с использованием технологии ультразвуковой кавитационной обработки природного сырья при высоком статическом давлении, может являться перспективной основой для получения биологически активных препаратов различного функционального назначения. Основными компонентами, отвечающими за биологическую активность гидрозоля, являются гуминовые кислоты (ГК), достоверное количественное определение которых - важный элемент производственного контроля качества получаемой продукции. Для определения содержания гуминовых кислот в составе гидрозоля использовали наиболее часто применяемые для анализа торфов методики, предложенные Бамбаловым – Беленькой [1] и Loewe [2], а также методику, применение которой рекомендовано при анализе биологически-активных добавок к пище в Р 4.1.1672-03 [3]. Несмотря на то, что все использованные методики реализуют один базовый принцип щелочного выделения ГК из состава анализируемого объекта с последующим гравиметрическим определением очищенных целевых компонентов, они имеют значительные различия в технике исполнения. Так различаются концентрации растворов гидроксида натрия, используемых в качестве экстрагентов для ГК, соотношение и время контакта фаз при экстракции, число циклов и температуры экстракции, способы

отделения щелочных экстрактов от компонентов не перешедших в раствор, способы очистки и сушки выделенных ГК и т.д. Помимо указанных различий влияние на конечный результат могут оказывать и способы проведения пробоподготовки перед анализом. В классическом варианте все выбранные методики предполагают использование сухого объекта для проведения исследований. Однако, принимая во внимание стремление частиц активированного торфа к необратимой агломерации при обезвоживании гидрозоля в процессе высушивания, дополнительный интерес представляет выявление влияния предварительного обезвоживания гидрозоля на результаты количественного определения ГК выбранными способами в составе активированного торфа. Результаты определения содержания гуминовых кислот в образце гидрозоля активированного торфа, полученные при реализации выбранных методик, представлены в таблице 1.

Показано, что на результаты количественного определения гуминовых кислот в гидрозоле торфа активированного оказывают влияние как особенности пробоподготовки образцов, так и параметры процесса выделения целевых компонентов из их состава. Рекомендовано использовать для количественного определения ГК в исследуемом объекте методику, предложенную Н.Н. Бамбаловым и Т.Я. Беленькой, при этом для анализа использовать не навеску обезвоженного препарата, а сам гидрозоль.

Таблица 1

Результаты количественного определения ГК, полученные с использованием различных методик

Наименование методики	Фактические значения результатов испытаний, % в пересчете на сухое вещество, $X_{cp} \pm \Delta$	
	Аналізу подвергался обезвоженный образец активированного торфа (n=5)	Аналізу подвергался образец гидрозоля активированного торфа (n=5)
По Бамбалову – Беленькой	37,41±3,96	49,46±4,28
По Loewe	2,24±0,29	5,52±0,39
По МУК Р 4.1.1672 – 03	6,62±2,43	18,14±1,54

1. Бамбалов Н. Н., Беленькая Т. Я. Фракционно – групповой состав органического вещества целинных и мелиорированных торфяных почв. [Текст] // Н. Н. Бамбалов, Т. Я. Беленькая – Почвоведение. – 1998. – №12 – С. 1431 – 1437.

2. Lowe L.E. Studies on the nature of sulfur in peat humic acids from Fraser River delta, British Columbia // Sci. Total Environ. 1992. V.1 13. P. 133-145.

3. Р 4.1.1672-03 Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище [Текст] / ГУ НИИ питания РАМН. - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. - 2004.—С.170-171.

О НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЯХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ

Сорокин К.Н., Сорокин Н.Т., Гайбарян М.А.

Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный агроинженерный центр ВИМ»,
г. Рязань, n.Sorokin.vnims13@yandex.ru

Актуальность исследований в данной области обусловлена тем, что они востребованы АПК России и направлены на выполнение поручений Правительства РФ по созданию условий для устойчивого развития органического сельского хозяйства в целях обеспечения внутреннего рынка отечественными экологически чистыми продуктами питания. В последние десятилетия отходы животноводства и сельхозпроизводства как источник органических удобрений резко сократились и составляют всего 10% от потребности. Возникла необходимость для поддержания плодородия почв и устойчивых урожаев в производстве больших объемов органических удобрений из природного сырья (торф, сапрпель, бурый уголь), объемы которых практически неисчерпаемы в России. Это возможно

при научном и практическом решении вопросов создания технических средств для производства гуминовых удобрений в больших объемах в регионах России с использованием местного сырья.

Целью проведенных научных исследований являлись разработка, изготовление, испытания и реализация технологических линий по производству гуминовых и на их основе комплексных удобрений, отвечающих требованиям сельхозпроизводителей по повышению и поддержанию плодородия почвы путем добавления в гуминовые удобрения необходимых доз микроэлементов, рассчитанных под планируемую урожайность определенных сельскохозяйственных культур.

Объекты исследования – новые конструкции технологического оборудования по промышленному производству органических удобрений из различных видов сырья.

Использован метод экспериментальной опытной проверки оборудования, испытанного в 10 регионах России и Республике Беларусь.

Обсуждение результатов

- результаты проведенных исследований оборудования и качество полученных удобрений обсуждались на расширенных заседаниях Ученого совета института, российских и международных конференциях, а также специалистами сельского хозяйства – производителями сельскохозяйственной продукции;

- результаты практического использования технологических линий в регионах России позволили ученым внедрить новые технические решения, обеспечивающие повышение качественных показателей их работы при производстве удобрений, и перейти на новый уровень разработки на основе цифровых технологий оборудования и создания мини-заводов.

Вывод

В результате завершенных научных исследований обеспечено решение следующих задач:

- впервые в промышленных объемах решена задача производства комплексных органоминеральных удобрений под заказ сельхозпроизводителя, обеспечивающее их внесение в почву с учетом недостающих микро- и макроэлементов на конкретном поле;

- в конструкции технологической линии стало возможным автономность работы отдельных технических модулей при выполнении технологических операций по производству органических удобрений;

- получена в процессе глубокой кавитации суспензия торфа, сапропеля, бурых углей размерностью частиц до 70÷140 мкм, как с использованием щелочных растворов (NaOH, KOH), так и без них в замкнутой технологической цепи – «реактор-диспергатор-реактор»;

- использование разработанных учеными института программных алгоритмов расчета на ЭВМ по дозированному внесению в органические удобрения микроэлементов и автоматизации технических операций по их выполнению под заказ сельхозорганизации с учетом состояния здоровья почв.

«АНТИСТРЕССОВОЕ ДЕЙСТВИЕ» ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ С/Х КУЛЬТУР И ГОРОДСКОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ

Степанов А.А., Салимгареева О.А., Манцевич С.И.

Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, tavtava@yandex.ru

Эффект «антистрессового действия» гуминовых препаратов (т.е. снижение или полное нивелирование воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды при правильном выборе доз, фаз развития возделываемых культур, технологии обработки семян и растений применяемыми препаратами) был отмечен практиками растениеводства с конца 60-х годов прошлого века.

На факультете почвоведения Московского университета с начала 2000-х годов ведутся комплексные исследования промышленных гуминовых препаратов, производимых в РФ и за рубежом, с целью оценки возможности их применения в экологическом земледелии, ландшафтном дизайне городских территорий, для детоксикации и ремедиации деградированных и загрязненных почв.

Проведенные исследования подтвердили, что наиболее сильный эффект гуминовых препаратов проявляется при неблагоприятных условиях окружающей среды: при недостаточной или избыточной влажности, низких температурах, недостаточной освещенности или при загрязнении тяжелыми

металлами, радионуклидами или органическими поллютантами, так как гуминовые вещества, блокируя токсиканты в почвах и благодаря физиологически-активному и протекторному действию повышают устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов среды. Этот эффект особенно заметен на ранних стадиях развития растений, но в отдельных случаях проявляется в течение всего онтогенеза.

В частности, эффективность действия гуминовых препаратов была экспериментально подтверждена в ходе полевых экспериментов, проводимых на участках примагистрального озеленения (2009-2010 гг), а также на опытных площадках конструкторских (2009-2018 гг) с искусственно созданным загрязнением хлорид-ионами, нефтепродуктами и ионами меди в рамках выполнения программы научных работ по Государственному контракту Департамента науки и промышленной политики города Москвы «Технологии применения природных гуматов для ремедиации загрязненных городских почв и в целях стимулирования роста растений».

Проведенные исследования позволили выявить эффективные дозы гуматов для применения в качестве детоксикантов городских почв. Установлено, что двукратная обработка вегетирующих растений (первая – через неделю после появления всходов, вторая – через две недели после первой обработки) опрыскиванием из расчета 10 л/м² 0,02% раствором для гуматов из торфа или 0,01% раствором для гуматов из бурого угля снимает токсическое воздействие хлорида натрия и дизельного топлива в исходных концентрациях до 10 000 мг/кг. Загрязнение почв высокими дозами меди (1000 мг/кг) приводило к полной гибели растений. Обработка же гуминовыми препаратами позволяла практически полностью преодолеть токсичное действие ионов меди на посевы. Полученные результаты легли в основу технологического регламента по применению гуматов при проведении ремедиационных мероприятий на загрязненных городских почвах.

Результаты длительных вегетационных опытов по выращиванию тест-культур (яровая и озимая пшеницы; горох; томаты; амарант; газонные травосмеси) в условиях, имитирующих климатические условия засушливых районов с аридным климатом (высокая температура, низкая влажность) свидетельствуют о значительном повышении засухоустойчивости тест-культур (увеличение урожая составило от 150 до 340 % по сравнению с контролем) при обработке семян и вегетативных органов растений рабочими растворами гуматов. В дальнейшем наблюдаемый эффект был подтвержден в ходе производственных испытаний в хозяйствах Волгоградской области и Ставропольского края.

Не менее значимые результаты от применения гуминовых препаратов на посевах яровой пшеницы были получены летом 2017 г в модельном микроделяночном опыте на территории почвенного стационара факультета почвоведения МГУ. Время проведения полевого опыта совпало с аномальными изменениями погодных условий. Так, 2 июня в некоторых районах Москвы выпал снег, минимальная температура составила + 3° С. Ночные заморозки, пониженная дневная температура и, особенно, ливневые дожди в июне-июле 2017 г (шесть ливневых дождей в июне; 65 мм осадков только за несколько часов 30 июня; ливни 4, 5, 8, 10 и 14 июля; общее количество осадков за два месяца – 244 мм) оказали крайне негативное влияние на рост и развитие всходов пшеницы в контрольном варианте опыта с внесением минеральных удобрений (урожай составил 19,6 ц/га). Применение комплексной обработки почвы, семян и растений гуматом позволило получить прибавку урожая в 13,6 ц/га (69,4 % по сравнению с контролем) и увеличение содержания в зерне белка (на 4,6 %) и клейковины (на 6,2 %) по сравнению с контролем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-14-01120.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОДОРОСЛИ *CHLORELLA VULGARIS*

Торопкина М.А., Рюмин А.Г., Шалина И.О.

Санкт-Петербургский государственный университет, marimiana.toropkina@gmail.com

На протяжении многих лет интерес к изучению влияния гуминовых веществ на живые организмы не угасает. Многие исследователи отмечают положительное действие гуминовых веществ

на растения, выделяя такие свойства, как стимуляция роста и развития, биопротекторная активность, регуляция условий питания растений, формирование почвенной структуры и много другое.

Изучение влияния гуминовых веществ, в частности препаратов гуминовых кислот (ГК) на физиологические параметры и процессы одноклеточной зеленой водоросли *Chlorella vulgaris* (интенсивность процессов фотосинтеза и дыхания, численность и размер клеток культуры водоросли) показали, что свойства препаратов ГК и влияние их растворов на водоросль *Chlorella vulgaris* зависит от типа почвы, из которой выделен препарат.

Опытным путем был установлен оптимальный по положительному влиянию на культуру водоросли диапазон концентраций препаратов ГК – 0,001–0,003%. Концентрации выше 0,003% негативно сказываются на водоросль *Chlorella vulgaris*, отмечается снижение интенсивности фотосинтеза и увеличение дыхания, рассматриваемые нами как стрессовая реакция.

В настоящее время мы работаем над выявлением влияния ГК не только на процессы дыхания и фотосинтеза, но и на численность и размеры клеток.

В этой работе были использовали следующие препараты ГК: 1. «Черный пар» – препарат, выделенный из 5 см толщи чернозема миграционно-мицеллярного, находящегося под паром; 2. «Серая пахотная» – препарат, выделенный из 5 см толщи агрозема текстурно-дифференцированного; 3. «Горушка 1» – препарат, выделенный из 5 см толщи залежной агродерново-неглубокоподзолистой глубокопахотной почвы.

Постановка опыта по изучению продуктивности культуры водоросли требует определение изменения содержания кислорода на свету и в темноте за разные периоды времени. В нашем эксперименте длительность экспозиции составляла 1 и 5 суток. Оценка размеров и численности культуры клеток водоросли проводилась методом прямого счета с помощью камеры Горяева.

В наших опытах препарат «Черный пар» показал значимое влияние только на увеличение среднего размера клеток водоросли в темновом варианте опыта. По всем остальным показателям достоверные изменения не обнаружены.

Под влиянием препарата «Горушка 1» культура водоросли достоверно не увеличивает размеры клеток, но происходит прирост численности культуры, как за одни сутки, так и в пятисуточном опыте.

На сегодняшний день процесс обработки данных продолжается, но уже можно сказать, что результаты по процессам фотосинтеза и дыхания не имеют прямой связи с данными размеров и численности клеток культуры водоросли. Зависимость этих показателей между собой и влияние на них растворов гуминовых кислот требует дальнейшего изучения.

Работа выполнена при поддержке РЦ СПбГУ «Культивирование микроорганизмов» проект № 116-7485.

О ВОЗМОЖНОЙ ПРИРОДЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Федотов Г.Н.

Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

gennadiy.fedotov@gmail.com

Стимулирующее влияние гуминовых веществ (ГВ) на рост и развитие растений доказано многочисленными опытами и не вызывает сомнений. В литературе отмечается положительное влияние ГВ на развитие семян при их предпосевной обработке или внесении ГВ в бедные почвы, на укоренение черенков и корнеобразование при обработке гуматами корневых систем, на развитие растений и повышение урожайности при их внекорневой обработке. Установлено, что во многих случаях использование ГВ снижает отрицательные воздействия неблагоприятных факторов среды. Однако природа их биологической активности (БА) до настоящего времени остается не вполне понятной. Сложность изучения природы БА ГВ не в последнюю очередь связана с широким спектром БА. Поэтому в исследовании мы решили ограничиться изучением влияния ГВ только на стимуляцию прорастания семян, когда ГВ не оказывают значимого влияния на структуру почвы, доступность питательных веществ или фотосинтез.

В связи с небольшой величиной эффектов стимуляции развития семян и заметным влиянием их разнокачественности на воспроизводимость получаемых результатов применяли интегральную методику оценки развития семян в песке по выделению углекислоты, позволяющую использовать в одном эксперименте до 1000 семян. Для расширения наших представлений о БА гуминовых веществ изучили влияние гуматов, приготовленных из гуминовых кислот различного происхождения, на прорастание семян.

Было установлено, что:

1. Все гуматы за исключением гуматов из подзолистой почвы не отличаются по стимулирующему влиянию на развитие семян.
2. Гуматы, полученные из подзолистой почвы оказывают на 20-30% меньшее влияние.
3. Ход концентрационных зависимостей для всех гуматов имеет общий характер.
4. Никакого угнетения при использовании больших доз гуматов не наблюдали.

При дальнейших исследованиях было показано, что растворы солей гуминовых веществ, выделенных экстракцией щелочью из торфов, но без последующей их очистки, не вызывают статистически значимых биологических эффектов. То есть появление в составе препаратов неспецифических веществ гумуса приводит к исчезновению БА гуматов из гуминовых кислот. Следовательно наличие этих веществ в препаратах по какой-то причине не позволяет проявиться БА ГК, которой они обладают.

Для объяснения наблюдаемого явления рассмотрим несколько фактов, установленных в большинстве случаев на семенах пшеницы. Во-первых, в семенах зерновых при созревании нарушается целостность мембран, которая приводит к потере из семян питательных веществ. Целостность мембран восстанавливается через несколько часов. Во-вторых, прорастанию семян за счет крахмала эндосперма предшествует запуск биохимических процессов в алейроновом слое. В этом слое должен начаться синтез амилаз с последующей их диффузией в эндосперм. Считается, что амилазы и и-РНК, обеспечивающие их синтез, блокируются абсцизовой кислотой (АБК), а уменьшение ее концентрации в семенах приводит к ускорению их прорастания. В-третьих, гиббереллины, которые активируют прорастание семян, образуются в зародыше и диффундируют в алейроновый слой.

Таким образом, при прорастании семян в течение определенного периода времени существует возможность выхода АБК из клеток через дефекты в мембранах, а нахождение на поверхности (или вблизи поверхности) семян ГВ, обладающих высокой сорбционной способностью, должно ускорять этот процесс и, как следствие, процесс прорастания семян. При этом поступление гиббереллинов из зародыша в алейроновый слой должно происходить с некоторой задержкой на время образования в зародыше и диффузии в алейроновый слой, а, следовательно, их концентрация не должна заметно снижаться за счет сорбции на ГВ. Предложенная гипотеза хорошо объясняет полученные результаты.

Подобный механизм активации за счет сорбции ингибиторов ГВ нельзя считать невозможным, так как для ускорения химической реакции всегда есть два пути – добавление катализатора и удаление из системы ингибитора. В результате ускорение процессов развития семян с позиций управления химическими реакциями может быть связано не с увеличением концентрации активатора, что более привычно, а с уменьшением концентрации (а точнее активности) в системе ингибиторов.

ГУМИНОВЫЕ ПРОДУКТЫ ИЗ РАЗЛИЧНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ: СОСТАВ, СВОЙСТВА И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

¹Якименко О.С., ¹Степанов А.А., ¹Терехова В.А., ²Попов А.И.

¹Факультет почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, E-mail: iakim@soil.msu.ru

²Институт Наук о Земле, СПбГУ

Введение. Промышленные гуминовые продукты (ГП), производимые промышленными компаниями из различных органических материалов, все чаще используются в сельском хозяйстве и ремедиации загрязненных почв. В зависимости от исходного органического сырья (главным образом, углей, торфа и компостов) гуминовые кислоты в их составе различаются по химической структуре и, следовательно, по эффективности их использования в качестве стимуляторов роста растений и/или почвенных кондиционеров. Целью исследования было оценить в ряде лабораторных, вегетационных и

полевых экспериментов потенциал ГП в качестве стимуляторов роста растений для растениеводства и ремедиантов загрязненных почв.

Материалы и методы. Проанализированы химические свойства ряда ГП (элементный состав, ИК-спектры, спектры поглощения и флуоресценции) из углей, торфов и органических отходов. Биологическую активность тех же ГП оценивали в лабораторных экспериментах с использованием различных откликов: биометрия растений, химические и биохимические параметры почвы, биотесты с батареей тест-культур; влияние на урожайность и качество урожая - в микрополевых испытаниях. Потенциал ГП для снижения доступных форм тяжелых металлов на загрязненных почвах оценивали в модельных и вегетационных опытах. Для комплексной оценки эффективности ГП с учетом экосистемного подхода рассчитывали ряд интегральных показателей качества: коэффициент детоксикации, интегральный индекс состояния по методу триад, функция желательности Харрингтона.

Результаты и обсуждение. Результаты химических анализов показали, что генезис органического вещества является ключевым фактором, влияющим на состав и структуру ГК в составе ГП. ГК из углей более ароматичны, гидрофобны, содержат меньше функциональных групп и низкомолекулярных компонентов. ГК из торфов наиболее алифатичны, гидрофильны и обогащены аминокислотами и углеводами. Используя спектры поглощения и флуоресценции, можно идентифицировать источник органического вещества для ГП из угля, торфа и лигносульфоната.

Биотесты свидетельствуют, что ГП могут оказывать как стимулирующий, так и ингибирующий эффект, в зависимости от чувствительности тест-культуры, условий эксперимента, природы и свойств ГП. В лабораторных тестах большая часть исследованных ГП в концентрациях 10-100 мг/л способствовала развитию корней проростков, стимулировала флуоресценцию и рост водорослей и оказывала влияние на активность некоторых почвенных ферментов (уреазы, каталазы и фосфатазы). В полевых испытаниях предпосевная обработка семян или листовая обработка ГП способствовали увеличению урожайности культур на 4-8%. В загрязненных тяжелыми металлами почвах применение ГП снижало токсические эффекты Pb и Cd на растения.

Для ряда экспериментов были рассчитаны интегрированные «индикаторы качества окружающей среды» с использованием различных тест-откликов. В модельном эксперименте с загрязнением почвы медью (660 мг Cu/kg) и внесением ряда ГП для интегральной оценки их воздействия на биотическую составляющую использовали статистическую модель с применением функции желательности Харрингтона и интегральный параметр благополучия почвенной микробной системы по данным мультисубстратного тестирования. Индексы, полученные на основе двух комплексов многомерных данных, сравнивали по своей дескриптивной способности при описании детоксицирующей эффективности ГП.

Установлено, что ГП главным образом стимулируют многовидовые бактериальные комплексы, тогда как тест-культуры, представляющие высшие растения и водоросли, менее чувствительны к внесению гуматов. Три из пяти изученных ГП обнаружили выраженный детоксицирующий эффект и улучшили состояние почвенной системы. Оба интегральных биотических индекса – обобщенная функция желательности Харрингтона D и параметр общего благополучия системы G показали сходный вектор воздействия. Для полноты и большей надежности системы биотических показателей экологического нормирования почв следует ориентироваться на применение интегрального подхода, основанного на обобщенной функции желательности. Учитывая неодинаковое воздействие исследованных ГП следует иметь в виду, что механизмы действия различных ГП неясны и требуют дальнейшего целенаправленного исследования.

III Международная молодежная научная школа "Методы оценки биологической активности гуминовых продуктов"

ЭФФЕКТ ЛИГНОГУМАТА НА МИКРОБНУЮ БИОМАССУ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ МИКРОБНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ПОЧВ

Васина М.¹Назаренко Е.¹, Учанов П.В.², Поздняков Л.³

¹Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова,

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Исследования проводили на образцах почв, отобранных из верхнего почвенного горизонта (0-20 см), чернозема (Воронежская область) и агрозема - антропогенного преобразованной почвы (Калмыкия). Почвы различались помимо прочих характеристик содержанием гумуса и углерода. Сравнивали влияние гуминового удобрения (лигногумата) на микробиологическое состояние почв при полиметаллическом загрязнении тяжелыми металлами (ТМ, соли свинца, меди, цинка 5 ОДК Zn, Cu, Pb) и в условно чистых образцах (контроль без добавления ТМ).

В качестве основных микробиологических характеристик с помощью хроматографа оценивали содержание углерода микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$), интенсивность базального дыхания (БД) почв и микробный метаболический коэффициент (q) через месяц после внесения лигногумата в виде водного раствора до достижения содержания 0,25% по массе. Значение микробной биомассы и микробный метаболический коэффициент, согласно (Anderson et al. 1983; Anan'eva et al. 2002), рассчитывали по величине субстрат индуцированного дыхания обогащенной глюкозой почвы (СИД) и интенсивности базального дыхания (БД), без добавления глюкозы. Метод СИД в настоящее время входит в перечень стандартных параметров, характеризующих биологические свойства почв в ряде зарубежных стран. В этой связи, его применение считается одним из эффективных подходов в оценке ключевых почвенных характеристик и экологического состояния почв.

Полученные результаты. При добавлении лигногумата к незагрязненным почвам содержание углерода микробной биомассы возрастало в обеих почвах, однако в черноземе это возрастание было существенно больше. В черноземе от 1300,16 до 1669,1 мкг С/г почвы, в то время как агроземе от 869,9 до 890,91 мкг С/г почвы. При полиметаллическом загрязнении тяжелыми металлами в почвенных образцах содержание микробной биомассы снижалось. Причем, в черноземе снижение биомассы наблюдалось в меньшей степени - на уровне 50 % от чистой почвы, тогда как в агроземе она снижалась более чем на 80 %. Лигногумат оказал стимулирующее влияние на микробную биомассу в образцах с тяжелыми, но и в этом случае в черноземе стимуляция была более выраженной, чем в агроземе.

Базальное дыхание в чистых образцах обеих почв также увеличивалось при добавлении лигногумата, но при этом различия в степени увеличения между почвами не были столь ярко выражены (в контроле чернозема от 2,506 до 2,716 мкг CO_2 -С/г час, а в агроземе от 0,603 до 0,775 мкг CO_2 -С/г час). Интересно, что в загрязненных образцах более бедной гумусом почвы – агроземе, действие лигногумата, которое можно рассматривать как детоксицирующее по отношению к ТМ, было выражено сильнее, чем в агроземе.

В загрязненных ТМ образцах чернозема и агрозема полученные значения микробного метаболического коэффициента были существенно выше значений в чистых контрольных почвах. Такие высокие значения, возможно, связаны с участием тяжелых металлов в ферментативном катализе. В целом же эти данные подтверждают явление гормезиса - активацию физиологических функций живых систем при стрессовых нагрузках. Лигногумат, судя по снижению метаболического коэффициента (удельного дыхания биомассы), несколько смягчал воздействие ТМ.

Таким образом, исследование влияния лигногумата на микробиологическое состояние почв и при полиметаллическом загрязнении ТМ, и в условно чистых образцах показало, что он оказывает положительное действие на микробиологическую активность почвы. Наиболее ярко это проявляется на загрязненных образцах. Однако, отклики микробиоты в разных почвах значительно различаются и по всем исследованным показателям более выражены в черноземе.

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБОГАЩЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ ПРОБ

Гершкович Д.М.¹, Ипатова В.И.¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, *papyrus451@yandex.ru*

Исследование проб природных вод, водных вытяжек из почв и твердых отходов зачастую сопряжено с трудностями учета основных показателей токсического эффекта и проявлением стимулирующих эффектов при использовании классических методов биотестирования. Тем не менее, методические руководства рекомендуют использование показателей выживаемости и плодовитости ракообразных *Daphnia magna* Straus и *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, а также показателя изменения численности одноклеточных водорослей *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Breb. или *Chlorella vulgaris* Beijer. в том числе и для оценки токсичности описанных образцов, часто характеризующихся высоким содержанием органических веществ. В случае исследования замутненных образцов или образцов, характеризующихся выраженной цветностью, допустим прямой микроскопический учет численности клеток водорослей; учет выживаемости и плодовитости ракообразных рекомендуется производить в тонком слое тестируемого образца в прозрачной посуде с использованием освещения снизу.

Как показывает практика, исследование проб воды и водных вытяжек, содержащих органические вещества, приводит к статистически значимому увеличению линейных размеров (до 10% по сравнению с контролем) и плодовитости ракообразных (до 150% по сравнению с контролем). Одной из причин таких различий может служить присутствие в пробах дополнительных источников питания ракообразных (органические молекулы и развивающийся на этом субстрате бактериопланктон). Стоит отметить, что наблюдаемое повышение плодовитости и увеличение линейных размеров должно быть трактовано, как проявление токсического эффекта, так как в долгосрочной перспективе может привести к нарушению экологического равновесия.

При биотестировании проб природных вод и водных вытяжек из почв и твердых отходов при повышенном количестве органических веществ исследуемые пробы могут иметь цветность и мутность, которые могут исказить результаты биотестирования с использованием в качестве тест-объектов микроводорослей. Чтобы минимизировать ошибку, необходимо производить подсчет клеток водорослей под микроскопом. При использовании фотоэлектроколориметра для определения числа клеток по величине оптической плотности в таких пробах необходимо учитывать начальную оптическую плотность пробы (без клеток водорослей) и вычитать это значение из последующих измерений численности клеток.

Присутствие в пробах природной воды и водных вытяжках исследуемых образцов органических веществ приводит очень часто к статистически значимой стимуляции роста и даже гиперстимуляции роста растительных тест-объектов *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Breb. или *Chlorella vulgaris* Beijer. Однако такая стимуляция в хронических опытах со временем приводит к угнетению роста водорослей по сравнению с контролем. В некоторых природных водоемах в присутствии избыточного количества органических веществ начинается интенсивное размножение неблагоприятных групп водорослей (в частности, цианобактерий), ухудшающих качество воды. После массового цветения водоема начинается процесс разложения клеток водорослей, снижающий уровень кислорода в воде и приводящий к замору рыб. Кроме того, клетки цианобактерий *Anabaena flos aquae*, *Microcystis aeruginosa* и *Aphanizomenon flos aquae* – основных возбудителей цветения пресных водоемов, способны выделять в окружающую среду токсичные метаболиты эндо- и экзотоксины, оказывающие токсическое действие на других гидробионтов и ухудшающие качество воды. Причем, экзотоксины секретируются живой клеткой, а эндотоксины - высвобождаются только при лизисе (распаде) клетки

являются наиболее токсичными и опасным и в том числе и для человека (нейротоксины и гепатотоксины). Поэтому при биотестировании проб воды нельзя не учитывать стимуляцию роста растительного тест-объекта и необходимо рассматривать стимуляцию более 30% и угнетение на 20% и более по сравнению с контролем как показатель токсического действия.

МУЛЬТИСУБСТРАТНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КАК НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

Горленко М.В.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, факультет почвоведения. Москва. yaminon@mail.ru

Разработанный нами метод мультисубстратного тестирования микробных сообществ (МСТ)-это новый метод оценки функционального биоразнообразия микробных систем (ФР.1.37.2010.08619), практически реализованный в виде программно-аппаратного комплекса "ЭКО-ЛОГ". Технология основана на анализе потребления микробной системой большого количества органических моносубстратов (сахара, аминокислоты, соли органических кислот, полимеры, спирты, и.т.д), всего 47 веществ. Метод использует 96 луночные тест-системы "Эко-Лог" Потребление субстратов определяется фотометрически по окраске индикатора потребления субстрата – соли тетразолия. Чем интенсивнее окраска ячейки планшета тест-системы, тем выше потребление данного субстрата. Метод автоматизирован, технологичен, не требует стерильных условий и может быть реализован в условиях любой лаборатории экомониторинга. Цикл анализа занимает 72 часа. Съемка результатов осуществляется автоматически. Спектр потребления субстратов сохраняется в базе данных.

Многомерный спектр потребления субстратов является уникальным "отпечатком пальца" микробного сообщества почвы. Анализ этого спектра с помощью оригинального уравнения рангового распределения, позволяет получить параметры формы распределения, которые являются коэффициентами стабильности, функционального разнообразия и метаболической работы почвенного микробного сообщества. Оно рассматривается нами как некий суперорганизм –биосенсор. На основании состояния этого биосенсора можно оценить благополучие местообитания, определить экологические нагрузки и дать прогноз восстановления для нарушенных систем, оценить эффективность действия ремедирующих факторов и схем и выбрать оптимальную.

На протяжении десятилетия нами проводились опыты по оценке влияния коммерческих гуминовых препаратов на функциональное биоразнообразие микробиоты, которое отражают благополучие и плодородие почвы в целом. В модельных экспериментах было исследовано влияние гуминовых препаратов, произведенных из различного сырья (бурый уголь, сапропель, торф, леонардит, лигносульфанат), в различных дозах, отдельно, и в комбинации с бактериальными удобрениями. Исследовалось влияние какна функциональное биоразнообразие интактных почв, так и на их ремедирующий эффект, в случае контаминации тяжелыми металлами (Cu, Pb, Zn) и нефтепродуктами.

Тестировались такие препараты, как Эдагум, Энерген, Лигногумат, Бигус, рНгум. В качестве тест-объекта использовали дерново-подзолистую почву Московской области, урбанозем (Москва) и искусственный почвогрунт. Показана разнородность эффектов влияния различных типов препаратов в зависимости от доз и задачи воздействия. Доказана эффективность МСТ для целевого подбора оптимального воздействия с выбором наилучшего препарата и его дозы в контексте специфики местообитания и характера предшествующего негативного воздействия. Использование разведочных экспериментов с использованием МСТ для этих целей, может многократно усилить эффект гуматов, повысить экономический эффект их использования в задачах повышения плодородия и очистки почв.

Литература

Горленко М.В. Кожевин П.А Мультисубстратное тестирование природных микробных сообществ: - М. :МАКС Пресс, 2005.

Горленко М.В., Якименко О.С. Влияние промышленных гуматов на функциональное разнообразие почвенного микробного сообществ. -Сб.материалов конференции "Гуминовые вещества и фитогормоны в сельском хозяйстве", с. 16-18 М.:2010.

ТЕСТИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ПРОРОСТКОВ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ТОРФОВ И БУРОГО УГЛЯ

Грехова И.В., Гильманова М.В.

ГАУ Северного Зауралья, г. Тюмень, E-mail: grehova-rostok@mail.ru

Метод проростков основан на реакции тест-культуры и позволяет определить действие гуминовых препаратов на рост и развитие растений. Качество гуминовых препаратов зависит от многих факторов: сырья, реагентов, условий извлечения гуминовых кислот, введения дополнительных компонентов и концентрации рабочего раствора.

В двух опытах тестировали гуминовые препараты из разного сырья. В первом опыте сравнивали препарат Росток из низинного торфа с препаратом из бурого угля, приготовленным по технологии Ростка, а также смесь этих препаратов в соотношении 1:1 и 1:3. Во втором опыте изучали действие гуминовых препаратов из низинного торфа с разной зольностью (8 и 20%) в сравнении с готовым препаратом из бурого угля (Гумат+7). Семена тест-культуры (яровой пшеницы) замачивали в воде и гуминовых препаратах 0,001% концентрации на сутки в чашках Петри. В стаканы (500 мл), заполненные темно серой лесной почвой, высевали по 15 шт. проросших семян на сосуд. Сосуды помещали в климатостат при $t=20^{\circ}\text{C}$ со сменной программой дня и ночи. Повторность четырехкратная. В ходе опыта фиксировали энергию прорастания (на 4 сутки), всхожесть (на 7 сутки), длину и массу корневой системы и наземной части растений (на 14 сутки).

В первом опыте по влиянию на энергию прорастания и всхожесть семян лучший результат у препарата Росток и смеси данного препарата с препаратом из бурого угля в соотношении 1:1 – прибавка к контролю 55 и 52%. Самой большой массой корневой системы обладали растения на этих же вариантах – прибавка к контролю 89 и 102%. Высота надземной части растений при применении гуминовых препаратов превышала контроль на 6-13%. По массе растений препарат Росток и его смесь с препаратом из бурого угля в соотношении 1:1 выше препарата из бурого угля на 11 и 16%.

Во втором опыте на энергию прорастания и всхожесть существенно повлиял только препарат Росток (зольность торфа 8%) – увеличение на 11 и 9%. Гуминовый препарат из торфа с зольностью 20% снизил энергию прорастания на 9%, препарат из бурого угля Гумат+7 – на 3%. По длине и массе корневой системы существенно превысили контроль препараты из торфа на 19 и 12%, на 52 и 32% соответственно. Самые высокие показатели у препарата Росток. Корневая система проростков, семена которых были обработаны препаратом из бурого угля Гумат+7, на уровне контроля. На высоту растений всходов тест-культуры существенное действие оказали гуминовые препараты из торфа: Росток (зольность 8%) и ГП (зольность 20%), прибавка к контролю 52 и 32% соответственно. По данному показателю у препарата из бурого угля Гумат+7 прибавка незначительна. Масса надземной части растений существенно увеличилась только при применении препарата Росток – на 42%. Гуминовый препарат из торфа с зольностью 20% и гуминовый препарат из бурого угля Гумат+7 оказали незначительное влияние на массу растений.

Таким образом, метод проростков позволил выявить разное действие гуминовых препаратов на посевные качества семян и биометрические показатели растений тест-культуры. При обработке семян препаратом Росток, приготовленного из низинного торфа зольностью 8%, эффект действия на растения значительно выше, чем препаратов из бурого угля. Смесь препаратов из торфа и бурого угля в соотношении 1:1 оказывала на растения более высокое влияние в сравнении с угольным препаратом. Гуминовый препарат из низинного торфа с зольностью 20% оказал более слабое влияние на тест-культуру, чем Росток (зольность торфа 8%). В этом торфе необходимо провести анализ золы для выявления содержания в ней токсичных элементов.

МЕТОДЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ МУТНЫХ И ОКРАШЕННЫХ ВОДНЫХ СРЕД

Григорьев Ю.С.

Сибирский федеральный университет

660041, Россия, г. Красноярск, просп. Свободный, 79, gr2897@gmail.com

Определение токсичности почв, грунтов и твердых отходов методами биотестирования включает стадию получения водных вытяжек из этих проб. В большинстве случаев такие вытяжки отличаются различной степенью мутности и имеют ту или иную окраску. Плотная окраска и высокая мутность некоторых вытяжек делает практически невозможным использовать микроводоросли и рачки для анализа их токсичности. В этой ситуации становится невозможным подтвердить пятый класс опасности отходов, который устанавливается по отсутствию вредного воздействия на эти тест-организмы исходных, не разбавленных вытяжек. Для таких отходов может быть установлен только более высокий класс опасности, поскольку токсичность определяется на разбавленных и потому менее мутных вытяжках. При этом определение прироста численности клеток водоросли по оптической плотности контрольных и опытных суспензионных тест-культур следует проводить не по дистиллированной воде, а по отношению к самим вытяжкам.

В значительно меньшей степени влияние мутности и окраски тестируемых проб проявляется при проведении биотестирования разработанным нами методом регистрации относительного показателя интенсивности замедленной флуоресценции (ОПЗФ) водоросли хлорелла. Данный показатель, не зависящий также и от количества тест-организма, может быть измерен в течение нескольких секунд. Для реализации метода был создан флуориметр Фотон 10, который в автоматическом режиме может одновременно анализировать на токсичность до 24 образцов.

Наиболее полно снять проблемы, возникающие при определении токсичности окрашенных и мутных проб можно, используя фитотесты. Для этого хорошо подходят тесты на семенах растений, в которых определяются процент их прорастания и длина корней. С этой целью нами была разработана оригинальная установка для наблюдения за прорастанием семян растений в присутствии исследуемых проб.

В каждый из 6 стаканов с тестируемой водой помещается в специальном держателе 16 семян овса. В качестве контроля используется дистиллированная вода. Стаканы наклонно устанавливаются в кассету установки, которой медленно вращается со скоростью несколько оборотов в минуту. Семена во время каждого круга вращения на короткое время погружаются в тестируемую воду или почвенную суспензию. В результате они имеют контакт с пробой и одновременно находятся в условиях хорошей аэрации. После 5 суток экспозиции при 25 °С производится замер длины корней и стебля проростков семян овса. Благодаря большему соотношению объема тестируемой пробы к количеству тест-организмов удалось значительно повысить чувствительность фитотеста. С помощью разработанного устройства исследована устойчивость проростков овса к засолению почвы солями, входящими в состав буровых растворов, а также установлена возможность определения остаточного содержания гербицидов в сельскохозяйственных почвах.

Весьма перспективным тест-организмом для выполнения биотестирования почв, грунтов и отходов является водное растение ряска. Плавающая на поверхности тестируемых растворов, она не создает трудности в определении токсичности окрашенных и мутных проб. Более того, метод также позволяет работать с суспензиями проб, обеспечивая большую доступность загрязнителей для тест-организма. Длительность разработанного нами фитотеста на ряске малой составляет 48 часов. Эксперименты выполняются в установке для экспонирования 18 проб с тест-организмами, которая размещается в климатостате, поддерживающий температуру 24 градуса и непрерывное световое облучение. В качестве тест-функции используется длина отрастающих корней ряски.

Разработанные методы позволяют не только определять токсичность почв и грунтов, но и их способность связывать загрязняющие вещества, переводя в состояние, недоступное для живых организмов. Это свойство дает возможность, используя чистые грунты, снизить и даже нейтрализовать вредное воздействие на окружающую природную среду загрязненных промышленных отходов. При

этом данный эффект не сводится к простому разбавлению отходов грунтами, поскольку благодаря сорбции он проявляется при не пропорционально меньшем количестве вносимого нейтрализатора. В силу разнообразия отходов, а также грунтов, имеющих не одинаковую способность связывать токсиканты, при ремедиации загрязненной территории с помощью биотестов возможно контролировать эффективность выполняемой работы на всех ее стадиях.

ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАРКЕРОВ В ДИАГНОСТИКЕ АКТИВНОСТИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Ковалева Н.О.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва

natalia_kovaleva@mail.ru

Бурное развитие аналитической техники обуславливает прогресс в исследованиях биохимии органических соединений почв и позволяет по-новому взглянуть на пул неспецифических органических веществ, их генезис, состав и свойства. Биомаркеры – это органические молекулы известного строения и происхождения. Отдельные молекулы фенолов, аминокислот, аминокислот, липидов могут быть достоверно обнаружены в живых организмах, в их останках и опаде растений, в почве, в сложных ассоциатах, в структурах гуминовых веществ. Многие биомаркеры в силу своего специфического строения и биохимических функций при определенных условиях среды оказываются устойчивыми к деградации и минерализации в почвах и поэтому служат молекулярными следами биоты и наземной растительности, а также индикатором интенсивности биохимических процессов. Именно поэтому поиск новых видов биомаркеров, незначительные количества которых можно эффективно использовать для оценки активности деятельности почвенной микробиоты, генезиса и состояния системы гуминовых веществ, эффективности гуминовых удобрений и пр., является новым актуальным направлением в диагностике активности гуминовых веществ.

Для поиска эффективных видов биомаркеров были использованы следующие методы: групповой и фракционный анализ гумуса, газо-жидкостная и газовая хроматография, анализ изотопного состава углерода на масс-спектрометре Thermo-Finnigan Delta V Plus IRMS, анализ содержания углерода, азота, серы на элементном анализаторе Thermo Flash1112. Объектами исследования послужили почвы различных ландшафтов зонального ряда Русской равнины, а также вертикальных зон горных экосистем аридного и гумидного типа поясности (Северного и Восточного Кавказа, Тянь-Шаня, Крыма, Урала).

Анализ полученных данных обнаруживает, что композиционные наборы лигниновых фенолов в почвах служат молекулярными следами наземной растительности. Установлено, что разные типы растительных тканей (голосеменные и покрытосеменные, древесные и недревесные) имеют контрастные “лигниновые параметры”. Так, лигнин голосеменных (хвойных) растений продуцирует ванилиновые фенолы при полном отсутствии синрингиловых ($S/V=0$), в то время как лигнин покрытосеменных растений (лиственные деревья, травы, культурные и луговые злаки, цветы) продуцирует как ванилиновые, так и синрингиловые фенолы ($S/V > 0$). Кроме того, п-кумаровые и феруловые фенолы получают при гидролизе недревесных тканей (травы, листья, иголки) и $C/V > 0$. Для древесины $C/V = 0$. Однако, интерпретация сигнала во многом осложняется наложением биохимических процессов, инициируемых сменяющимися растительными ассоциациями. В свою очередь, качественный состав лигниновых фенолов растительности закономерно находит отражение в значениях $\delta^{13}\text{C}$ гумуса почв. При этом циннамилловые фенолы утяжеляют величины изотопных отношений, которые очень чувствительные к C3-C4 изменениям. В то же время ванилиновые и синрингиловые фенолы деревьев и кустарников (C-3 тип фотосинтеза) облегчают их.

Различия в составе почвенных липидов и липидов органических остатков в почвах исследованных зональных рядов могут служить в качестве метки интенсивности трансформации органического вещества. Первичными продуктами деструкции алканов в почвенных условиях являются спирты, жирные кислоты и метил-кетоны. При этом кетоны удобны для оценки биодegradации углеводов,

так как практически не образуются в высших растениях, в то время как спирты и кислоты являются продуктами метаболизма растений и входят в состав зеленой биомассы.

Композиционные отношения аминокислот отражают активность различных групп микроорганизмов в формировании органического вещества почв, так как высшие растения не продуцируют аминокислот. Так как мурамин в почвах продуцируется бактериями, отношение глюкозамин/ мурамин может быть индикатором вклада бактериальных сахаров в органическое вещество почв по сравнению с другими микроорганизмами. Преобладание в составе аминокислот глюкозамина свидетельствует о насыщенности микробных популяций грибами (хитин грибов состоит из глюкозамина), и, обусловлено большей увлажненностью долинных ландшафтов по сравнению с почвами склонов. Закономерно минимальное количество мурамина, имеющего исключительно бактериальное происхождение (грамм-положительные бактерии), характерно для горно-луговых альпийских почв, что объясняет их оторфованность.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО УКРОПА ОГОРОДНОГО (*ANETHUM GRAVEOLENS*)

Коровина О. О.

*МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, Москва, Россия,
olesya_korovina_1993@mail.ru*

Целью исследования являлось изучение возможного влияния гуминовых препаратов, широко представленных на рынке удобрений и стимуляторов роста, на продуктивность *Anethumgraveolens*L. и его качество. Сравнивали эффективность средств, форм препаратов и способов их использования.

Сорт укропа раннеспелый «Грибовский». Листья крупные, нежные, очень ароматные. Изготовитель: ООО «Агрофирма АЭЛИТА». Семена прошли проверку в Государственных семенных инспекциях и по качественным показателям отвечали требованиям международных стандартов и ГОСТ 32592-2013.

В качестве стимуляторов роста были внесены:

1) Жидкий биогумус. Производитель: ООО «Агрофирма «Поля русские», Тамбовская область. Состав: гуминовых веществ не менее 3 г/л, микроэлементы (Mg; Fe; B; Mn; Cu; Mo; Zn), pH не менее 7,5.

2) Гуми-30. Производитель: ООО «НВП «БашИнком», Россия, Республика Башкортостан. Состав: гуматы Na (д.в.) не менее 60 %, макроэлементы (азот 0,5 – 2 %, фосфор 0,5 – 2 %, калий 0,1 - 1 %), микроэлементы природного происхождения. Класс опасности по ГОСТ 12.1 007.-4 (малоопасное вещество).

Опыт мелкоделяночный был заложен на территории Тульской области РФ в 3-х кратной повторности. Почва: среднекультуренный выщелочный чернозем с pH = 7.38 и Сорг. – 12.87 %. Исследования проводились с 1 августа по 4 октября 2016 года, вплоть до заморозков. Закладку, проведение опытов, отбор образцов и их аналитическую обработку осуществляли по классическим методам. Площадь делянки составила 3м². Удобрения вносились в рекомендованной концентрации в 3 приема: замачивание семян перед посевом, опрыскивание по вегетации, послевсходовый полив. Контролем служила естественная почва без удобрений.

Результаты эксперимента показали, что препарат «биогумус» оказывал более сильное влияние на урожай. Наземная биомасса укропа по отношению к контролю увеличилась на 85% при замачивании семян, на 148% при поливе по вегетации и на 62% при опрыскивании. При внесении «Гуми-30» получены следующие результаты -103 % при замачивании, на 10 % при поливе и на 152 % при опрыскивании.

Оптимальным приемом является замачивание семян. При использовании «Гуми-30» биомасса укропа увеличилась в 2 раза по отношению к контролю, а при использовании жидкого «биогумуса» в 2,4 раза. Применение «Гуми-30» увеличило диаметр корней укропа в 1,8 раза, а длину корней в 1,3 раза.

При внесении «Гуми-30» и «биогумуса» увеличивается накопление азота общего, азота белкового, фосфора общего, калия, натрия в листьях и в стеблях. Содержание азота общего в листьях увеличилось на 2,54 %, в стеблях на 0,42 %, а содержание азота белкового повышается в листьях от 0,92 до 2,34 %, в стеблях от 0,98 до 2,0 %.

Содержание калия в листьях укропа во всех вариантах опыта, включая контроль, в 2-3 раза превышает его содержание в стеблях. Концентрация калия в листьях увеличивается при замачивании «Гуми-30». Натрий биопрепаратов активно используется растениями, его содержание заметно увеличивается при замачивании семян - на 73%, а при опрыскивании возрастает менее заметно - на 26%, что важно при учете дефицита натрия в почве.

Интегральный эффект от использования биопрепаратов «Гуми-30» и «биогумус» на среднеокультуренном черноземе на укроп огородный позднего посева заключался в увеличении продуктивности (биомассы), интенсивности физиолого-биохимических процессов в растениях, сохранении качества урожая.

Автор выражает признательность д.б.н., проф. Екатерине Петровне Пахненко и д.т.н, к.б.н., проф. Дмитрию Михайловичу Хомякову.

БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ И ТОКСИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

^{1,2}Кудряшева Н.С., ³Сачкова А.С., ¹Ковель Е.С.

¹Институт биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, n_qdr@yahoo.com

²Сибирский федеральный университет, Красноярск

³Томский политехнический университет, Томск, as421@yandex.ru

Биоломинесцентные методы широко используются для мониторинга токсичности различных сред благодаря высокой скорости анализа и удобству регистрации люминесцентного сигнала. Эти характеристики биолюминесцентных биотестов позволяют осуществлять большое количество измерений в сопоставимых условиях, что чрезвычайно важно для статистической обработки результатов анализа. Классическим биолюминесцентным биотестом являются морские светящиеся бактерии, которые уже более 50 лет используются для оценки токсичности водных сред в связи с высокой чувствительностью к различным поллютантам. Тестовым физиологическим параметром их жизнедеятельности является интенсивность люминесценции. Величина ингибирования интенсивности биолюминесценции является количественной характеристикой общей (интегральной) токсичности среды.

В последние десятилетия находит широкое применение биотест, основанный на ферментативных реакциях люминесцентных бактерий, а именно, системе двух сопряженных реакций, катализируемых бактериальной люциферазой и НАД(Ф)Н:ФМН-оксидоредуктазой. Одной из особенностей этой системы является ее специфичность к группе окислителей: в присутствии окислителей, помимо уменьшения максимальной интенсивности свечения, изменяется еще один кинетический параметр биолюминесценции – возникает период задержки свечения (индукционный период), который зависит неаддитивным образом от концентрации и редокс-потенциала окислителей-токсикантов. Благодаря этой особенности ферментативный биотест может дополнительно использоваться для мониторинга окислительной токсичности среды. Таким образом, биолюминесцентный ферментативный биотест может быть использован для определения как общей (или интегральной) токсичности высококонцентрированных растворов биологически-активных веществ (в частности, гуминовых веществ), так и способности этих веществ изменять окислительную токсичность сред, т.е. их антиоксидантной активности.

В работе проведено сравнение токсичности и антиоксидантной активности макромолекул природного и искусственного происхождения, а именно, гуминовых веществ (ГВ) и фуллеренола C-60 (Ф) с использованием ферментативного биолюминесцентного биотеста. Токсичность растворов оценивалась с помощью эффективных концентраций EC_{50} ; для оценки антиоксидантной активности

использовали коэффициенты детоксикации D_{OxT} . Величины D_{OxT} определяли в широком интервале концентраций ГВ и Ф в растворах органического и неорганического окислителей – 1,4-бензохинона и феррицианида калия. В отличие от Ф, величины D_{OxT} гуматов зависели от времени их воздействия; выявлено оптимальное время инкубирования окислителей с ГВ (50 мин). Антиоксидантный эффект ГВ был менее выражен и не зависел от амфифильности среды ($D_{OxT}=1,3$ в растворах органического и неорганического окислителей). Различия в эффектах ГВ и Ф были связаны с (1) подвижностью функциональных групп и фрагментов ГВ, (2) их высокой способностью уменьшать содержание активных форм кислорода в растворах.

Работа была выполнена при финансовой поддержке Программы РАН-32: «Наноструктуры: физика, химия, биология, технологические основы».

ОПЫТ СОЗДАНИЯ УНИФИЦИРОВАННОГО ПРОТОКОЛА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПО СОДЕРЖАНИЮ УГЛЕРОДА, ВОДОРОДА И АЗОТА

Куликова Н.А.^{1,2,3}, Холодов В.А.^{1,4}, Когут Б.М.⁴, Ярославцева Н.В.⁴, Перминова И.В.^{1,3}

¹ФГОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва

²Институт биохимии РАН им. А.Н. Баха, ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва

³НП «Экспертно-аналитический центр по проблемам органогенного сырья («ЭАЦПОС») «Гумус Сапиенс», Москва

⁴ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва

Основными элементами гуминовых кислот (ГК) являются углерод, водород, кислород и азот. При этом ГК содержат сравнимые количества атомов углерода, водорода и кислорода, а содержание атомов азота на порядок меньше. В силу непропорционально низкого содержания азота, отсутствуют адекватные стандартные образцы для анализа ГК. Кроме того, в образцах ГК, как правило, присутствуют небольшие количества серы, минеральные компоненты и гигроскопическая вода. Присутствие минеральных компонентов и, в первую очередь, ионов щелочных металлов, может оказывать большое влияние на определение углерода из-за возможности образования карбонатов в процессе сжигания пробы, тогда как присутствие гигроскопической воды исключительно важно для определения водорода и кислорода. Несмотря на широкое использование элементного анализа для характеристики препаратов ГК, его методическим аспектам посвящены лишь единичные работы. Тем самым анализ элементного состава ГК представляет собой сложную аналитическую задачу, требующую учета целого ряда методических проблем. Отсутствие унифицированного протокола анализа состава ГК, в свою очередь, является важным препятствием аттестации стандартных образцов (СО) ГК.

Целями работы являлись: (1) выработка унифицированного протокола определения элементного состава образца ГК по содержанию углерода, водорода и азота и (2) определение метрологических характеристик элементного состава, входящих в состав технической документации по приданию препаратам ГК статуса СО по составу. Стандартные образцы ГК были получены ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева».

В результате выполнения работы получены основные результаты:

1) получена аттестованная методика измерений «Методика измерений массовых долей углерода, азота, водорода в материале стандартных образцов ГК почв методом элементного анализа»; методика измерений аттестована ФГУП «УНИИМ», свидетельство об аттестации № 253.0263/RA.RU.311866/2016 (зарегистрировано на НП ЭАЦПОС «Гумус Сапиенс»);

2) с использованием аттестованной методики получены метрологические характеристики СО ГК дерново-подзолистой почвы и чернозема типичного, включая аттестованные значения массовых долей углерода, водорода и азота и погрешности аттестованных значений, а также данные по неоднородности СО, включая определение погрешности значений массовых долей углерода, водорода и азота.

Аттестованная «Методика измерений массовых долей углерода, азота, водорода в материале стандартных образцов ГК почв методом элементного анализа» может быть характеристики элементного состава других СО гуминовых веществ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект РФФ №14-26-00079.

БИОДОСТУПНОСТЬ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА

Кыдралиева К.А.

Московский авиационный институт, Москва

Гуминовые вещества (ГВ), обогащенные наночастицами железа различной валентности, представляют собой новое перспективное поколение функциональных бионанопрепаратов благодаря полифункциональности действия прекурсоров в отдельности и композита в целом, большей биодоступности соединений железа в виде наночастиц, что, в конечном итоге, в частности, улучшению минерального питания растений. Гуминовые вещества выступают в роли стабилизирующих агентов наночастиц, создавая защитную оболочку для обладающих высокой поверхностной активностью магнитных наночастиц железа и, при этом, снижая размер наночастиц. С другой стороны, при добавлении в среду ГВ наночастиц магнетита повышается компактность и структурированность ассоциатов макромолекул гуминовых кислот.

Оценка биодоступности гуминовых препаратов, содержащих наночастицы металлов и представляющих собой уже нанокompозит, с использованием рекомендованных для целей экологического контроля стандартизованных тест-организмов разных трофических уровней показала, что применяемые разными исследователями методы оценки биологической активности не отличаются большой специфичностью. Продемонстрировано, что биодоступность гуминовых нанокompозитов определяется содержанием ГВ в составе нанокompозита, а также корреляциями "предыстория получения – химический состав наночастицы и состояние поверхности – фазовый состав / структура – размер частиц", что, в конечном итоге, влияет на практическую значимость полученных результатов и поведение гуминовых нанопрепаратов в окружающей среде.

Так, оценка биодоступности гуминовых нанокompозитов по отношению к высшим растениям (в частности, *Sinapis alba*) показывает хорошую стимуляцию роста растений для композитов на основе ГК и магнетита и низкую - для ГК/маггемит. Однако, при испытаниях биоактивности гуминовых нанопрепаратов по широко распространенному стандартному тест-параметру – выживаемости инфузорий *Paramecium caudatum* показана низкая разрешающая способность данного метода применительно к гуминовым железосодержащим препаратам, поскольку визуализация и учет выживших инфузорий при концентрациях более 0.01% оказалось затруднительной из-за темной окраски испытуемых растворов. В экспериментах же с микроводорослями *Scenedesmus quadricauda* по флуоресцентным параметрам следует учитывать вклад в стимулирование фотосинтетической активности самих ГК.

Таким образом, применение гуминовых нанокompозитов и расчет эффективных норм воздействия на природные объекты должны основываться на оценке их биобезопасности с использованием как минимум двух видов тест-организмов по аналогии с действующими критериями отнесения отходов к определенному классу опасности в связи с отсутствием стандартизованных индикаторов токсичности бионаноматериалов.

При оценке биодоступности гуминовых нанопрепаратов важным является также учет изменения микроструктурных характеристик наночастиц в изменяющихся условиях окружающей среды (физическое воздействие, pH, влияние биоты, УФ воздействие и др.), приводящее к изменению биоактивности гуминовых нанопрепаратов. В частности, имеются данные о том, что ионные формы и наноформы одних и тех же частиц оказывают различное токсическое воздействие на одни и те же испытуемые организмы, в частности, частицы в наноформе могут оказаться менее токсичными, чем эти же частицы в окисленном состоянии.

Для прогнозирования биоактивности гуминовых нанопрепаратов важно также исследование агрегационного поведения по значениям дзета-потенциала и гидродинамического диаметра наноконструктов. Условием устойчивости коллоидной системы, т.е. отсутствие седиментации (укрупнение агрегатов) и коагуляции (слипание агрегатов и выпадение их в осадок) является высокое значение дзета-потенциала.

ФИТОЭФФЕКТЫ ЛИГНОГУМАТА ПРИ ЭЛЮАТНОМ И АППЛИКАТНОМ СПОСОБЕ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ АГРОЗЕМА

Парамонова А.И.^{1,2} Королёв П.С.^{1,2}, Учанов П.В.²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва,

paramonova_1551@mail.ru

Производство и применение лигногумата как высокоэффективного и технологичного гуминового удобрения началось с 1999 г. (НПО «РЭТ»). Лигногумат, источником сырья которого служит лигносульфонат (отходы деревоперерабатывающей промышленности), содержит высоко- и низкомолекулярные гуминовые соединения, в том числе, соли фульвокислот и микроэлементы. Лигногумат известен как стимулятор роста растений и антистрессант. Эффективность применения препарата чаще всего оценивают по показателям всхожести семян, роста и развития побегов, протекторного действия в условиях климатического, пестицидного или гербицидного стресса. [1] Однако данные в значительной степени зависят от почвенных характеристик, и вероятно, от степени природной обогащенности гумусом.

В лабораторных условиях мы исследовали воздействие лигногумата на преобразованные почвы агроценозов Калмыкии, отобранные из верхнего горизонта (0-20 см, *Na_plic Phaeozems Hyposodic, Oxyaquic, C_{орг.}=1,5±0,02%*.) В образцы с невысоким содержанием гумуса, вносили 0,25 % лигногумата в виде водного раствора. Испытывали эффект лигногумата в незагрязненных образцах агрозема и при искусственном полиметаллическом загрязнении солями тяжелых металлов (5 ОДК_{Zn, Cu, Pb}) через 35 суток экспозиции.

Эффект внесенного в почву лигногумата оценивали по развитию проростков семян редиса, горчицы и овса. Согласно методике «Фитоскан» фитотестирование проводили в пластиковых планшетах элюатным и аппликатыным способами [2]. При элюатном способе анализировали водный экстракт образцов (соотношение 1:4), а при аппликатыном – семена находились в контакте с твердым веществом почвы.

В результате проведенного эксперимента установлено, что стимулирующий эффект лигногумата при аппликатыном способе проявляется на всех трех видах растений, а при элюатном лишь для проростков овса и редиса. Интересно, что при полиметаллическом искусственном загрязнении образцов агрозема солями ТМ стимулирующий эффект лигногумата на развитие ростков не снижался при разных способах фитотестирования. Тогда как при элюатном способе наблюдали замедление роста корней под действием ТМ, несмотря на присутствие в почве лигногумата. Вероятно, лигногумат в испытанной концентрации не способствует связыванию всех токсикантов, а некоторые из них переходят в водный экстракт и воздействуют на самый чувствительный тест-параметр – длина корней.

Таким образом, можно заключить, что лигногумат оказывает однозначное положительное воздействие на развитие ростков и корней всех испытанных тест-растений в обедненной гумусом почве – агроземе, а также и при загрязнении солями ТМ. В то же время, при полиметаллическом загрязнении агрозема детоксицирующий эффект лигногумата не распространяется на развитие корней растений при элюатном способе фитотестирования.

Список литературы:

1. Тихонов В.В., Якушев А. В., Завгородняя Ю. А., Бызов Б. А., Демин В. В. Действие гуминовых кислот на рост бактерий // Почвоведение. — 2010. — № 3. — С. 333–341.

2. Методика измерения биологической активности гуминовых веществ методом фитотестирования («Фитоскан») В.А. Терехова, О.С. Якименко, Л. П. Воронина, К. А. Кыдралиева. Доброе слово: Москва, 2014. С. 24..

ФИТОЭФФЕКТ И ЭКОТОКСИЧНОСТЬ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ОЦЕНКИ

Терехова В.А.

МГУ имени М.В. Ломоносова, ИПЭЭ РАН, РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва,
vterekhova@gmail.com

К приметам настоящего времени можно отнести развитие и внедрение «зелёных» или, так называемых, «природоподобных» технологий. Актуальность использования экологически чистых соединений для детоксикации загрязненных природных сред, включая почвы, лишь возрастает в последние годы. В литературе широко и длительное время освещаются положительные эффекты применения гуминовых препаратов (ГП) с целью стимуляции роста растений, восстановления техногенно-нарушенных почв, в различных других сферах (Христева и др., 1957; Орлов, 1990; Чуков и др., 1995; Piccolo, 1996; Wilson, 1997; Gondar, 2006, Перминова, 2000; Куликова, 2008; Якименко, 2016 и др.).

Технологии ремедиации почв с помощью ГП зачастую априори считаются безопаснее для человека и всех компонентов окружающей среды в сравнении с другими химическими средствами. Активно совершенствуются технологии получения ГП, как альтернатива традиционным химическим технологиям появляются инновационные разработки. Естественно стремление технологов получать продукт с высокими качественными показателями, без существенного изменения исходной структуры активного компонента сырья и в ускоренные сроки переработки (Gladkov et al., 2018). ГП в определенных дозах действительно, как правило, в подавляющем большинстве случаев положительно влияют на свойства почвы, образуют прочные комплексные соединения с тяжелыми металлами и радионуклидами, снижая их подвижность, миграционную способность и, как следствие, биодоступность. Однако в действительности эффективность использования различных ГП на почвах разных типов различается. Весьма малочисленны и противоречивы данные о последствии ГП на экологическое состояние почв. Проблема сертификации ГП требует пристального внимания, как и подбор методов оценки их эффектов.

Основные ожидаемые эффекты гуминовых препаратов связывают со стимуляцией роста высших растений. При этом первичный скрининг этих препаратов осуществляют в лабораторных или лабораторно-вегетационных вариантах опытов. Нами разработана система для лабораторной экспресс-оценки фитозффектов ГП в пластиковых планшетах «Методика измерений биологической активности гуминовых веществ методом фитотестирования «Фитоскан» (Терехова В.А., Якименко О.С., Воронина Л.П., Кыдралиева К.А). Методика аттестована и зарегистрирована в Федеральном фонде по обеспечению единства измерений РФ - ФР 1.31.2012.11560, она имеет ряд преимуществ в сравнении с другими распространенными вариантами. Планшетный способ предполагает как прямую оценку и подбор действующих концентраций гуминовых препаратов в виде водных растворов, так и опосредованную, после внесения ГП в почвенные образцы. В прозрачные пластиковые двухкамерные планшеты семена помещают в нижнюю камеру на подложку из фильтровальной бумаги, обработанную гуминовым препаратом, или на искусственную почвенную смесь (Standard Soil). «Стандартную» почву, в которой испытывают действие гуминовых продуктов, готовят согласно ISO 11268-1 из песка - 10%, каолина - 20% и торфа – 70 %. Такой состав рекомендован международными методическими документами для оценки биологических эффектов на почвообитающие организмы. Затем регистрируют изменение энергии прорастания семян, длины корней и ростков проросших семян относительно холостого опыта (водный контроль). Измерения можно проводить непосредственно в планшетах, что исключает трудоемкие манипуляции с извлечением семян и проростков из сосудов для прямого измерения длины корней и побегов. Эффект стимуляции ГП фиксируют при увеличении энергии прорастания и/или длины корней и/или ростков проросших семян на 20 % и более

относительно холостого опыта. Эффект ингибирования (токсический фитозффект) ГП наблюдают при снижении энергии прорастания и/или длины корней и/или ростков проросших семян на 20 % и более относительно холостого опыта. При характеристике ГП указывать можно эффективные значения массовой концентрации, вызывающие 20 %-ный и 50 %-ный фитозффекты. Вместе с тем, вегетационный опыт показывает, что лабораторную оценку ГП проводить именно на той почве, на которой предполагается применять исследуемый продукт, поскольку природные свойства почвы зачастую нивелируют фитозффект ГП. По всей видимости, для повышения надежности оценки в лабораторном фитотестировании ГП необходимо применять стандартный набор образцов почв, ранжированный по обогащенности природными гуминовыми веществами в низкой, средней и высокой степени.

БИОКОСНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПОЧВЕ И БИОСФЕРЕ

С.Н.Чуков

Санкт-Петербургский государственный университет, S_Chukov@mail.ru

Взаимодействия и взаимосвязи в системе почва-растения всегда были одной из ключевых тем естествознания и со времен античности активным действующим началом почвы всегда считалось ее органическое вещество. На поверхности Земли надцарство эукариот более миллиарда лет назад поделилось на царства растений, животных и грибов. Но в это время уже существовало надцарство прокариот (бактерий) и именно эти низшие таксономические категории на первых этапах участвовали в процессах разложения мортмассы. Причем одновременно с процессами извлечения энергии и элементов питания и стабилизацией части наиболее устойчивых продуктов разложения возникли и процессы гумификации как отбора наиболее биотермодинамически устойчивых гуминовых веществ (ГВ). Кислородный фотосинтез (который возник у цианобактерий 2,7—2,8 млрд лет назад) начал т.н. «кислородную катастрофу», при которой восстановительные условия на поверхности земли сменились окислительными. Накопление свободного кислорода в атмосфере Земли обусловило возможность окислительной свободнорадикальной полимеризации продуктов распада органических остатков, в результате которой стали появляться высокомолекулярные соединения. Таким образом, сформировался биокосный пул биотических и абиотических реакций гумификации, формирующий ГВ.

С этого момента эволюция и развитие растений, животных и микроорганизмов проходила в постоянном контакте с ГВ и эволюционно закреплялись процессы их биологического и физиологического взаимодействия. Существование таких биокосных тел (протопочв) обеспечило дальнейшее развитие кислородного фотосинтеза, создало со временем не только современную биосферу, но и столь необходимые человечеству запасы энергии в виде каменного угля, нефти и природного газа.

Таким образом, способность к ускорению своих физиологических процессов при контакте с ГВ у биоты и растений вырабатывалась на протяжении всех многомиллионных этапов эволюции системы почва-растение. Неудивительно, что эффективность ГВ в качестве универсального физиологического стимулятора прослеживается на всех уровнях организации биоты от микроорганизмов до человека включительно.

С момента научно зафиксированного факта физиологической активности ГВ русским ученым Нефедовым (1887 г.) прошло уже более 130 лет и все это время предпринимаются пока безуспешные попытки расшифровать механизм этого взаимодействия. На роль активных структур предлагались самые различные участки макромолекул ГВ, но ни одна из них не дала четкой взаимосвязи. Только перечисление таких гипотез потребует нескольких страниц текста.

Причина этого явления, на мой взгляд, лежит в многофакторности влияния ГВ на живые организмы сформировавшаяся в ходе длительного процесса эволюции. В наших работах мы неоднократно сталкивались с присутствием нескольких механизмов стимуляции. Иногда они проявляются в обнаружении не одного, а двух и даже более максимумов на концентрационных зависимостях прироста тест культур от концентрации ГВ. Или вместо стимуляции фотосинтеза стимулируется, например, деление клеток.

С нашей точки зрения наиболее вероятной является гипотеза мембранотропного действия ГВ, которые, сорбируясь на поверхности цитоплазматических мембран, с одной стороны оптимизируют минеральное питание и стимулируют мембранный транспорт, а с другой могут осуществлять регуляцию экспрессии генов. На поверхности цитоплазматических мембран клеток растений существуют сигнальные цепи, которые могут воспринимать сигналы ГВ через белки-рецепторы на мембране и передавать их в геном клетки, вызывая активизацию ранее "молчавших" генов.

РАЗНООБРАЗИЕ ГУМИНОВЫХ ПРОДУКТОВ В КОНТЕКСТЕ ОЦЕНКИ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОТИЧЕСКУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ ПОЧВ ПРИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Якименко О.С., Терехова В.А.
Факультет почвоведения МГУ, iakim@soil.msu.ru

Разнообразные гуминовые продукты (ГП) все более активно предлагаются для использования в сельском хозяйстве и ремедиации загрязненных почв. Как и природный гумус, они оказывают воздействие на живые организмы, но четкие научные основы их применения пока не разработаны. Поэтому проведение биотестирования является необходимым этапом при оценке возможности применения ГП в натуральных условиях.

В докладе на примере широкого набора ГП рассматривается сходство и разнообразие их химических свойств в зависимости от генезиса органического вещества и технологии получения. Приводятся ограничения применения стандартных методик биотестирования при работе с ГП. Обсуждаются проявления стимулирующего или токсического эффекта ГП по результатам лабораторных и полевых экспериментов с использованием различных показателей (биометрические параметры растений, биохимические характеристики почв, отклики лабораторных биотестов в батарее тест-культур). На примере серий экспериментальных данных рассматривается сложная взаимосвязь между химической структурой и откликами биотестов и возможность применения интегральных подходов (коэффициент детоксикации, метод Триад, функция желательности) для комплексной оценки воздействия ГП на экосистемы.

Оглавление

Секция 1. Новые подходы в изучении органического вещества почв

Бажанова А.Е., Завгородняя Ю.А. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ Н-АЛКАНОВ И Н-МЕТИЛ-КЕТОНОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ ПОД ШИРОКОЛИСТВЕННЫМ РАСТИТЕЛЬНЫМ СООБЩЕСТВОМ	9
Волков Д.С., Рогова О.Б., Кузнецов М.А., Проскурнин М.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОГРАВИМЕТРИИ С АНАЛИЗОМ ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ГАЗОВ	10
Дерябина Ю.М., Тихова В.Д., Сартаков М.П., Осницкий Е. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ С МЕТАЛЛАМИ В СЛОЯХ 5-МЕТРОВОЙ ТОРФЯНОЙ КОЛОНКИ ИЗ МУХРИНОВСКОГО БОЛОТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	11
Заварзина А.Г., Лисов А.В. РОЛЬ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ ГРИБОВ И БАКТЕРИЙ В ОБРАЗОВАНИИ И ТРАНСФОРМАЦИИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ	12
Карпухина Е.А., Самсонов И.С., Волков Д.С., Проскурнин М.А., Перминова И.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ В ГУМАТНЫХ УДОБРЕНИЯХ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ	13
Ковалев И.В., Ковалева Н.О. БИОХИМИЯ ЛИГНИНА В ПОЧВАХ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	14
Ковалева Н.О., Ковалев И.В. ПОЧВЕННЫЕ БИОМАРКЕРЫ В ДИАГНОСТИКЕ ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ И ЭКОСИСТЕМ	15
Когут Б.М., Фрид А.С., Перминова И.В., Холодов В.А., Ярославцева Н.В. ОТ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ (ГСО) ПОЧВ, АТТЕСТОВАННЫХ НА СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА, К ГСО ИХ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ.	16
Кубик О.С., Шамрикова Е.В., Денева С.В., Панюков А.Н., Пунегов В.В. РАСТВОРИМЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СОЛЕУСТОЙЧИВОЙ ФЛОРЫ	17
Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Мерино А. ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ СТАБИЛЬНОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ В ХОДЕ ПОСТАГРОГЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ	18
Лисов А.В., Белова О.В., Лисова З.А., Заварзина, А.Г., Леонтьевский А.А., ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ЦЕЛЛОБИОЗО ДЕГИДРОГЕНАЗОЙ ГРИБА <i>SERRENA UNICOLOR</i>	19
Лисова З.А., Трубицина Л.И., Трубицин И.В., Лисов А.В., Заварзина А.Г., Леонтьевский А.А., ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ДВУХДОМЕННОЙ ЛАККАЗОЙ БАКТЕРИИ <i>STREPTOMYCES ANULATUS</i> VKM AC-728 ПРИ ЩЕЛОЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ pH	20
Лодыгин Е.Д., Василевич Р.С. МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СОСТАВ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ТАЕЖНЫХ И ТУНДРОВЫХ ПОЧВ	21
Мальцева А.Н., Пинский Д.Л. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ СРЕДЫ НА СОСТАВ ВОДОРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА	22
Михайлова А.В., Линник В.Г., Зуев Б.К. ТЕРМИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ И ОКСИТЕРМОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В ПОЧВАХ И ТОРФЕ	23
Кузнецова И.А., Орлов А.С., Мироненко К.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЦИКЛИЧЕСКОГО КРИОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОЛЛОИДНОЕ СОСТОЯНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ	24

Перминова И.В., Воликов А.Б., Константинов А.И., Ширшин Е.А. НОВЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ (С _{ГК} /С _{ФК}) И СТЕПЕНИ ГУМИФИКАЦИИ (Е4/Е6)	25
Пинский Д.Л., Мальцева А.Н. РОЛЬ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТРИЦ В ФОРМИРОВАНИИ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПОЧВЫ	26
Попов А.И., Сазанова Е.В., Холостов Г.Д., Бирилко Д.А. ПОПРАВКИ К НЕКОТОРЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ	27
Родина О.А., Абакумов Е.В., Еськов А.К. ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА ПОДВЕШЕННЫХ ПОЧВ, ЮЖНЫЙ ВЬЕТНАМ	28
Тихова В.Д. АНАЛИЗ СОСТАВА И СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ И ТОРФОВ СИБИРСКОГО РЕГИОНА	29
Фарходов Ю.Р., Григорьева И.О., Холодов В.А., Ярославцева Н.В. ДВУХСТАДИЙНЫЙ ПИРОЛИЗ ОБРАЗЦОВ ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ РАЗНОГО ВИДА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	30
Zhilkibayev O.T., Shoinbekova S.A., Aueshov A.P., Arynov K.T., Ibrayeva M.A., Tukenova Z.A. OBTAINING ORGANIC FERTILIZER FROM BROWN COAL	31

Секция 2. Гуминовые вещества в условиях антропогенной эволюции биосферы

Балданов Н.Д., Корсунова Ц.Д.-Ц., Чимитдоржиева Г.Д. ИЗУЧЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ МЕТОДОМ 13С-ЯМР СПЕКТРОСКОПИИ ПОЧВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГА	33
Безуглова О.С., Горбов С.Н., Скрипников П.Н. ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКЦИОННО-ГРУППОВОГО СОСТАВА ГУМУСА В ПРОФИЛЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	34
Василевич Р.С., Лодыгин Е.Д. ГУМУСОВЫЕ ВЕЩЕСТВА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА	35
Габбасова Д.Т., Маторин Д.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА СВЕТОВЫЕ РЕАКЦИИ ФОТОСИНТЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА	36
Гиниятуллин К.Г., Смирнова Е.В., Рязанов С.С., Латыпова Л.И. ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ	37
Данилова В.Н., [Хушвахтова С.Д.] Ермаков В.В. ГУМИНОВЫЕ КИСЛОТЫ КАК ПРИРОДНЫЙ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИЙ СОРБЕНТ С МЕТАЛЛАМИ	38
Дергачева М.И. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В УЧЕНИИ О ГУМУСЕ ПОЧВ	39
Дину М.И. ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВАХ, И ИХ БИОСФЕРНЫЕ ФУНКЦИИ	40
Завгородняя Ю.А., Пименов О.С. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭФИРОВ ФТАЛЕВОЙ КИСЛОТЫ С ВОДОРАСТВОРИМЫМИ ГУМИНОВЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ	41
Зубкова Т.А., Суханова Н.И., Кирюшин А.В. РОЛЬ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ФОРМИРОВАНИИ ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ И ЭНДОГЕННЫХ ФАКТОРОВ	42
Караванова Е.И., Одинцов П.Е. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПОДСТИЛОК ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ	43
Куликова О.А., Мазлова Е.А., Агаджанян М.В., Кудрова Е.П. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ	44

Луценко Т.Н., Шамов В.В., Губарева Т.С., Кожевникова Н.К. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕЙ УССУРИ	45
Майоров Е.И., Орлова Н.Е., Битюцкий Н.П. ЗООГЕННЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ	47
Милановский Е.Ю., Караванова Е.И., Рогова О.Б., Юдина А.В., Яшин М.А. ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА В УСЛОВИЯХ ЛИЗИМЕРИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	48
Орлова Е.Е., Гуртовая А.В., Орлова Н.Е. ИЗМЕНЕНИЕ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАЗЕМНОЙ МАССЫ <i>HERACLEUM SOSNOWSKYI</i> В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ГУМИФИКАЦИИ	49
Розанова М.С., Демидова С.В., Трофимов С.Я., Семиколенных А.А. СОСТАВ И СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ ОРГАНО-ЛАТЕРАЛЬНО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПОЧВ ПИНЕЖСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)	50
Селянина С.Б., Зубов И.Н., Кузнецова И.А., Ларионов Н.С. О ВКЛАДЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В СОРБЦИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ВЕРХОВЫМ ТОРФОМ	51
Соколова И. В., Кудлацкая А. А., Терещенко О. В., Селянина С. Б., Орлов А. С. ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ И ФОТОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА	52
Соловьева А.А. ОЦЕНКА СКОРОСТИ РАЗЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ТОРФАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ	53
Федосеева Е.В., Иванова А.Е., Королев П.С., Терехова В.А. РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОМИЦЕТОВ В ПОЧВАХ РАЗНОГО ГУМУСНОГО СТАТУСА ПРИ ИССКУСТВЕННОМ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ОБРАЗЦОВ	54
Чалов С.Р. СОСТАВ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВЗВЕШЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В РЕКАХ	55
Чуков С.Н. РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О РОЛИ ГУМУСА В БИОСФЕРЕ В XX-XXI В	56

Секция 3. Органоминеральные взаимодействия в почвах

Алексеев А.О., Алексеева Т.В. ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПОГРЕБЕННЫХ ПАЛЕОПОЧВ ЕВРАЗИЙСКИХ СТЕПЕЙ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА	58
Алексеева Т.В., Золотарева Б.Н., Бухонов А.В., Колягин Ю.Г. О НЕГИДРОЛИЗУЕМОМ ОСТАТКЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ	59
Золовкина Д.Ф., Караванова Е.И., Степанов А.А. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ С МИНЕРАЛЬНЫМИ ГОРИЗОНТАМИ ПОДЗОЛА И ИЗМЕНЕНИЕ ИХ БИОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОСЛЕ СОРБЦИИ В ГОРИЗОНТЕ <i>vs</i> .	60
Изосимова Ю.Г., Гурова И.А, Толпешта И.И. СОРБЦИЯ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ИОНОВ Cu^{2+} ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БЕНТОНитОВОЙ ГЛИНОЙ	61
Квиткина А.К., Алексеева Т.В. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА И С/НА СОПРЯЖЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОНЕНТОВ В ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТАХ	62
Козлов А.В., Куликова А.Х. СТАБИЛИЗАЦИЯ ГУМУСОВЫХ КОМПОНЕНТОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКИХ ДОЗ ДИАТОМИТА И БЕНТОНитОВОЙ ГЛИНЫ	63

Кузнецова И.А., Мироненко К.А., Орлов С.А. ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОГО КРИОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	64
Курочкина Г.Н. МОДИФИЦИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ АДСОРБИРОВАННОЙ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА АГРЕГАТИВНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ И ДИСПЕРСНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ МИНЕРАЛОВ И ПОЧВ	65
Поляков В.И. ПРОБЛЕМЫ ГУМИФИКАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ ДЕЛЬТЫ р. ЛЕНЫ	66
Сыпалов С.А., Соболев Н.А., Иванченко Н.Л., Кожевников А.Ю., Боголицын К.Г. ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СЛОЯХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ	67
Толпешта И.И., Соколова Т.А., Воробьева А.А., Изосимова Ю.Г. ТРАНСФОРМАЦИЯ БИОТИТА В ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ	68

Секция 4. Экосистемные функции органического вещества почв

Абакумов Е.В. РОЛЬ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В СТАБИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ПРИМЕРЕ ХРОНОСЕРИЙ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ	70
Арзамазова А.В., Кинжаев Р.Р., Трофимов С.Я., Хамутовская А. ДИНАМИКА МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА (ОВ) НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ ХМАО И ИХ ФОНОВЫХ АНАЛОГОВ В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.	70
Баева Ю.И. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПОСЛЕ ИЗМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ	72
Богатырев Л. Г., Земсков Ф. И., Бенедиктова А. И. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК КАК ОСНОВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ	73
Гасанов М.Э., Стрелецкий Р.А. ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА НА ТРАНСФОРМАЦИЮ И МИГРАЦИЮ ПЕСТИЦИДОВ В ПОЧВАХ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ о. БАЛИ	74
Лаптева Е.М., Виноградова Ю.А., Шамрикова Е.В., Ковалева В.А., Перминова Е.М., Каверин Д.А., Пастухов А.В. ПОЧВЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ РАЗНООБРАЗИЯ И МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ	74
Овсепян Л.А., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Русаков А.В. ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ В ХОДЕ ПОСТАГРОГЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ	76
Рыжова И.М. КАЧЕСТВЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ ПОЧВА- РАСТИТЕЛЬНОСТЬ НА ОСНОВЕ МИНИМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ КРУГОВОРОТА УГЛЕРОДА	77
Семенов В.М. ОРГАНИЧЕСКИЙ КОНТИНУУМ ПОЧВЫ: СТРУКТУРНО- ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, КЛЮЧЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОСНОВНЫЕ ДРАЙВЕРЫ	78
Смирнова Е.В., Гиниятуллин К.Г., Окунев Р.В., Гусева И. Г. ПИРОУГОЛЬ КАК ПРИРОДОПОДОБНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОДИФИКАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ	79

Столпникова Е.М., Ковалева Н.О., Амирханов Х.А., Ожерельев Д.В. ОРГАНИЧЕСКИЕ ПАЛЕОИНДИКАТОРЫ И БИОМАРКЕРЫ В РАННЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ПЕДОЛИТОСЕДИМЕНТАХ ПАЛЕОЛИТИЧЕСКОЙ СТОЯНКИ МУХКАЙ II (РЕСПУБЛИКА ДАГЕСТАН)	80
Суханова Н.И., Трофимов С.Я., Кирюшин А.В. ОСОБЕННОСТИ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭНДОГЕННОГО ВОДОРОДА	81
Телеснина В.М., Рыжова И.М. ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА И ИХ СТРУКТУРЫ В ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ В ХОДЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ	82
Трефилова О.В., Спорыхина Т.А., Прибура А.Д. ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ОЦЕНКА РОЛИ ВКЛЮЧЕНИЙ ИСКОПАЕМОГО УГЛЯ И ФИТОДЕТРИТА В ФОРМИРОВАНИИ ПУЛА ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ	83
Ходжаева А.К., Шатилович А.В., Лупачев А.В., Губин С.В. СОДЕРЖАНИЕ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ И ЕЕ ДЫХАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ В ПРОФИЛЕ КРИОЗЕМОВ ТУНДР КОЛЫМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ	84
Шамрикова Е.В., Денева С.В., Кубик О.С. ОРГАНОПРОФИЛИ ПОЧВ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ	85
Basyal I., Koottatep Th., Shchegolkova N., Semenov M., Kharitonov S. EFFICIENCY OF REMOVAL OF ORGANIC MATTER AND BIOGENIC ELEMENTS IN THE TREATMENT WETLANDS IN A TROPICAL CLIMATE	87
Gusti Ngurah Santosa and Ketut Suada. THE USE OF ORGANIC FERTILIZER IN ORGANIC FARMING TO SUPPORT BALI CLEAN AND GREEN	88
Meas Pyseth. VALUATION AND ACTIONS TO IMPROVE ECOLOGICAL SERVICES OF PREK THNOT WATERSHED	88
Khai Manh Nguyen, Ha Thi Nguyen, Anh Van Ngo, Nataliya Shchegolkova. UTILIZATION OF SEWAGE SLUDGE IS THE KEY TO SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF MEGACITIES – A CASE STUDY IN HANOI CITY	90
Ketut Suada, Anak Agung Ngurah Gede Suwastika, Nyoman Rai, Gusti Ngurah Santosa, Wayan. COMBINE APPLICATION OF TRICHODERMA SPP. AND LIGNOHUMATE TO DECREASE CLUBROOT DISEASE AND PROMOTE THE GROWTH OF CABBAGES IN BALI-INDONESIA	91

Секция 5. Гумусное состояние почв, региональные аспекты

Айдаралиева Ч., Худайбергенова Б.М., Жунушов А.Т. ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА КАРА-БАЛТА.	92
Балданов Н.Д., Корсунова Ц.Д.Ц. ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГА БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ	93
Ефанов М.В., Чумак В.А., Сартаков М.П., Ананьина И. В. КАРБОКСИМЕТИЛИРОВАННЫЙ ТОРФ – НОВЫЙ СТИМУЛЯТОР РОСТА РАСТЕНИЙ	94
Жуланова В.Н. ИЗМЕНЕНИЕ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ СТЕПНЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ТУВЫ	95
Кунанбаев К.К., Жлоба Л.Д., Зуева Н.Б., Чуркина Г.Н. Рукавицина И.В. ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАПОВЕДНЫХ ЦЕЛИННЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА	96
Наумов В.Д., Поветкина Н.Л. ОЦЕНКА ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОД ДРЕВЕСНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА	97

Ортиков Т.К., Сонаян Л.В. ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ЗЕРАВШАНСКОЙ ДОЛИНЫ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ	98
Персикова Т.Ф. ОЦЕНКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ СЕВЕРО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ.	99
Попова А.В., Беданок Р.А. КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ ПРИ ОЧИСТКЕ ПРИРОДНЫХ ВОД В ПРИСУТСТВИИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ	101
Сартаков М.П., Осницкий Е.М., Комиссаров И.Д. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ВЕРХОВЫХ ТОРФОВ ОБЪ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ	102
Тихановский А.Н. ИЗМЕНЕНИЕ ГУМУСОВОГО СОСТАВА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ПОЧВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДОБРЕНИЙ	103
Тищенко С.А., Горбов С.Н. ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО ГИДРОМОРФИЗМА ЧЕРНОЗЕМОВ НА СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА	104
Ткаченко А.Н., Ткаченко О.В., Лычагин М.Ю. ГУМУСОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ПОДВОДНЫХ ПОЧВ	105
Чимитдоржиева Г.Д. ГУМУСОВЫЕ КИСЛОТЫ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЗАБАЙКАЛЬЯ	106
Чимитдоржиева Г.Д. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ГУМУСЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ	107
Чимитдоржиева Э.О. ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ДИСПЕРСНО-КАРБОНАТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ	108
Чимитдоржиева Э.О. СОСТАВ ГУМУСА КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ	109
Щукина К.Е. Денисенко Д.А. ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТОРФОВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ	110
Юлдашев Г., Хайдаров М. ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРОЗЕМОВ СЕВЕРА ФЕРГАНЫ	111

Секция 6. Гуминовые препараты: механизмы действия, применение, безопасность

Анучина М.М., Панкратов Д.А., Аброськин Д.П., Куликова Н.А., Габбасова Д.Т., Маторин Д.Н., Волков Д.С., Перминова И.В. ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ $Fe_{3-d}O_4$, ОБРАЗОВАННЫХ В ПРИСУТСТВИИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ	113
Гаджиева В.А., Мирошниченко Ю.С., Мясоедова Т.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ СОРБЦИИ ИОНОВ МЕДИ (II) ГУМИНОВЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ	114
Гапеева Н.Н., Митрофанов С.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР	115
Гармаш Н.Ю., Воронов С.И., Гармаш Г.А., Морозова Г.Б., Смолина Т.В. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ И ИХ СЕРТИФИКАЦИЯ	116
Горбушина А.Б., Бортник Т.Ю., Иошина А.Л. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГУМИНОВОГО ПРОДУКТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО НА АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	117
Колчанова К.А., Барсова Н.Ю., Степанов А.А., Мотузова Г.В., Демин В.В. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ С МЕДЬЮ В ПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА	118
Комаров А.А., Суханов П.А., Комаров А.А. ЭФФЕКТ ДЕЙСТВИЯ ГУМУСОВЫХ ПРЕПАРАТОВ В БАКОВЫХ СМЕСЯХ.	120

Кохан С.К. РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПРЕПАРАТА ЛИГНОГУМАТ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ	121
Кравченко Е.Г., Заварзина, А.Г. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЕПАРАТОВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ	121
Кривцов Г.Г., Кулябко Л.С., Айдемир Т., Кыдралиева К.А. СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА ПО ОТНОШЕНИЮ К ГУМИНОВЫМ КИСЛОТАМ	122
Куликова Н.А., Холодов В.А., Филиппова О.И., Воликов А.Б., Зиганшина А.Р., Ярославцева Н.В., Сафронова Н.А., Перминова И.В. СИЛАНОЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛИ ПОЧВ	124
Кулябко Л., Касымова Э., Виноградов В., Кыдралиева К. МАГНИТНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В КАЧЕСТВЕ СЕЛЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ ИОНОВ МЕДИ (II)	125
Логвинова Л.А., Зыкова М.В., Кривошеков С.В., Голубина О.А., Белоусов М.В. РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ	126
Мирошниченко О.В., Косолапова Н.И., Проценко А.А., Проценко Е.П. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ГИДРОЗОЛЯ АКТИВИРОВАННОГО ТОРФА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ	127
Митрофанов С.В., Гапеева Н.Н. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ	128
Наими О.И. ПРИМЕНЕНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ РАЗЛОЖЕНИЯ СОЛОМЫ В ПОЧВЕ	129
Госсе Д.Д., Панина М.А., Егоров В.С. ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГАЗОННЫХ ТРАВ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА	130
Плаксина И.Н., Мирошниченко О.В., Косолапова Н.И. СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТОРФА, АКТИВИРОВАННОГО УЗ КАВИТАЦИОННОЙ ДИСПЕРГАЦИЕЙ В ВОДНОЙ СРЕДЕ	131
Сковороднева А.В. Екимченко М.А. Мирошниченко О.В. Косолапова Н.И. ПРИМЕНИМОСТЬ РАЗНЫХ МЕТОДИК ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В ГИДРОЗОЛЕ АКТИВИРОВАННОГО ТОРФА	132
Сорокин К.Н., Сорокин Н.Т., Гайбарян М.А. О НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЯХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ	133
Степанов А.А., Салимгареева О.А., Манцевич С.И. «АНТИСТРЕССОВОЕ ДЕЙСТВИЕ» ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ С/Х КУЛЬТУР И ГОРОДСКОМ ОЗЕЛЕНЕНИИ	134
Торопкина М.А., Рюмин А.Г., Шалина И.О. ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОДОРΟΣЛИ <i>CHLORELLA VULGARIS</i>	135
Федотов Г.Н. О ВОЗМОЖНОЙ ПРИРОДЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ	136
Якименко О.С., Степанов А.А., Терехова В.А., Попов А.И. ГУМИНОВЫЕ ПРОДУКТЫ ИЗ РАЗЛИЧНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ: СОСТАВ, СВОЙСТВА И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ	137

III Международная молодежная научная школа "Методы оценки биологической активности гуминовых продуктов"

Васина М. Назаренко Е., Учанов П.В., Поздняков Л. ЭФФЕКТ ЛИГНОГУМАТА НА МИКРОБНУЮ БИОМАССУ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ МИКРОБНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ПОЧВ	139
Гершкович Д.М., Ипатов В.И. ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБОГАЩЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ ПРОБ	140
Горленко М.В. МУЛЬТИСУБСТРАТНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КАК НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ	141
Грехова И.В., Гильманова М.В. ТЕСТИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ПРОРОСТКОВ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ТОРФОВ И БУРОГО УГЛЯ	142
Григорьев Ю.С. МЕТОДЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ МУТНЫХ И ОКРАШЕННЫХ ВОДНЫХ СРЕД	143
Ковалева Н.О. ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАРКЕРОВ В ДИАГНОСТИКЕ АКТИВНОСТИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ	144
Коровина О.О. ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО УКРОПА ОГОРОДНОГО (ANETHUM GRAVEOLENS)	145
Кудряшева Н.С., Сачкова А.С., Ковель Е.С. БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ И ТОКСИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ	146
Куликова Н.А., Холодов В.А., Когут Б.М., Ярославцева Н.В., Перминова И.В. ОПЫТ СОЗДАНИЯ УНИФИЦИРОВАННОГО ПРОТОКОЛА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПО СОДЕРЖАНИЮ УГЛЕРОДА, ВОДОРОДА И АЗОТА	147
Кыдралиева К.А. БИОДОСТУПНОСТЬ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА	148
Парамонова А.И., Королёв П.С., Учанов П.В. ФИТОЭФФЕКТЫ ЛИГНОГУМАТА ПРИ ЭЛЮАТНОМ И АППЛИКАТНОМ СПОСОБЕ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ АГРОЗЕМА	149
Терехова В.А. ФИТОЭФФЕКТ И ЭКОТОКСИЧНОСТЬ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ОЦЕНКИ	150
Чуков С.Н. БИОКОСНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПОЧВЕ И БИОСФЕРЕ	151
Якименко О.С., Терехова В.А. РАЗНООБРАЗИЕ ГУМИНОВЫХ ПРОДУКТОВ В КОНТЕКСТЕ ОЦЕНКИ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОТИЧЕСКУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ ПОЧВ ПРИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ	152



**Испытательный центр факультета почвоведения
МГУ имени М.В. Ломоносова в партнерстве с
ООО «МСЮ-лаб»**

Испытательный центр осуществляет аналитическое обеспечение экологических, мониторинговых, экспертных изысканий, агрономические исследования производственных полей и НИР в сфере экологии и сельского хозяйства. Инструментальное и кадровое оснащение лаборатории позволяет решать, как научные, так и коммерческие задачи.

Лаборатория аккредитована в национальной системе аккредитации и имеет аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.10ГП85 от 05 декабря 2014 года. Центр проводит исследования и оказывает услуги в области анализа химического состава и свойств почв, грунтовых и поверхностных вод, растительных материалов; в области изучения химических процессов трансформации и миграция минеральных и органических соединений в наземных экосистемах; в области мониторинга органических и минеральных поллютантов в почвах и сопредельных средах методами аналитической химии.

Центр ориентирован на решение следующих приоритетных задач:

- организация коллективного пользования высокотехнологичным научным оборудованием с целью повышения эффективности его использования и развития приборной базы факультета почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова
- проведение количественного химического анализа объектов окружающей природной среды и отходов согласно области аккредитации центра
- создание дополнительных условий для проведения современных научно-исследовательских работ и оказания услуг, ориентированных на внешних заказчиков
- расширение спектра аттестованных методик измерений
- проведение НИР, финансируемых научными фондами и организациями
- участие в подготовке специалистов и кадров высшей квалификации (студентов и аспирантов), проведение курсов повышения квалификации на базе современного научного оборудования

Методы исследования:

атомно-абсорбционная спектрометрия, оптико-эмиссионная (ИСП-ОЭС) и масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), ионная хроматография, газовая и жидкостная хроматография с МС-детектированием, электронная и инфракрасная спектроскопия, рентгенофлуоресцентный анализ и многое другое.

web-ресурсы: www.msulab.ru, <http://soil.msu.ru/kaf-himia/ispytatelnyj-tsentr>

Контактный телефон: 8(495)120-67-97, 8(495)939-42-72

e-mail: info@msulab.ru, kmm82@yandex.ru

Будем рады Вам помочь!



Улучшаем урожай в гармонии с природой

В 1992 году группа компаний НПО «РЭТ» вывела на рынок собственную разработку под торговой маркой Лигногумат®. Это высокотехнологичный продукт ускоренной гумификации органического сырья, представляющий собой уникальный комплекс гуминовых кислот и фульвокислот с высоким содержанием биологически активной части. В отличие от других стимуляторов роста, имеющих локальное воздействие, Лигногумат® оказывают комплексное влияние на все физиологические процессы, протекающие в растениях и существенно улучшает водно-физические и физико-химические свойства почвы. В настоящий момент препараты на основе Лигногумата® успешно применяют для обработки 15 млн. га. посевных площадей, при этом 56% продукции компании уходит на экспорт в такие страны как Чехия, Германия, Нидерланды, США, Канада - всего более 20 стран ближнего и дальнего зарубежья. Запатентованная технология производства позволяет успешно конкурировать с отечественными и европейскими аналогами.

Под торговой маркой Лигногумат® выпускается более 20 модификаций гуминовых препаратов для сельскохозяйственного производства, промышленного цветоводства и садоводства. Особое отличие всех препаратов – универсальность применения. Лигногумат® не только отлично сочетается с большинством агропрепаратов, но и усиливает их эффективность. В комплексе с минеральными удобрениями

Лигногумат® существенно повышает коэффициент усвоения растениями минеральных компонентов. Это позволяет производителям снижать норму расхода удобрений. Независимые научные исследования также показывают способность Лигногумата® к ремедиации почв, в том числе загрязненных экотоксинами и тяжелыми металлами. Общий эффект от комплексного применения продукции НПО РЭТ, который отмечают все конечные потребители - значительное повышение рентабельности производства сельскохозяйственного производства. По комплексу показателей экономическая эффективность применения Лигногумата® неизменно выше традиционных гуматов и биогумуса. Эта эффективность достигается за счет ряда факторов, заложенных в технологии производства препаратов:

100% растворимость сухих модификаций, отсутствие балласта в растворах

Исходное сырьё — продукт переработки древесины;

Постоянство состава препарата;

Концентрация д.в. до 90%;

До 20% фульвовых кислот от сухого вещества. Меньшая молекулярная масса фульвокислот оказывает яркий стимулирующий эффект на растение, и почвенную микрофлору;

Хелатная форма микроэлементов обеспечивает ускоренное усвоение растениями питательных веществ;

Высокое содержание серы в органически связанной форме оказывает существенное влияние на биологическую активность Лигногумата.

Высокая концентрация лигнина в сырье позволяет обеспечить безотходный и экологически безопасный процесс получения гуминовых концентратов.

Производственные мощности компании позволяют выпускать до 1 500 т. сухих препаратов с концентрацией действующего вещества до 90%, и 7,5 млн. л. безбалластных растворов с концентрацией до 20%. В ближайших планах развития – расширение производственной базы для увеличения объема производства. В НПО «РЭТ» уверены, что долгосрочное вложение в сельскохозяйственные технологии - одна из самых выгодных и надежных инвестиций, способствующих построению интенсивного сельскохозяйственного производства будущего, основанного на гармоничном сочетании ресурсосберегающих технологий, получении стабильных урожаев качественной продукции и бережного отношения к природе.



Общество экологической токсикологии и химии окружающей среды
The Society of Environmental Toxicology and Chemistry

Общество экологической токсикологии и химии окружающей среды (SETAC, www.setac.org) – крупнейшая некоммерческая профессиональная организация экологов. Региональное отделение Общества SETAC RLB как информационное пространство для членов SETAC, общающихся как на русском, так и на английском языках, позволяет объединить усилия ученых и практиков экологов с целью разработки и внедрения научно-обоснованных принципов рационального использования природных ресурсов на большой территории России и сопредельных стран.

Основная задача — развитие научных исследований с целью предотвращения или минимизации загрязнения окружающей среды и других видов экологических стрессов.

Это междисциплинарный форум ученых и студентов, представителей академических кругов, промышленности и государственных органов. Общество предоставляет большие возможности для обсуждения и содействия применению научных знаний в реализации экологической политики. Отделение способствует гармонизации внутригосударственных и межгосударственных нормативных требований в сфере природоохранного законодательства.

Общество проводит регулярные семинары, учебные курсы и научные конференции по проблемам оценки экологического риска, технологиям биотестирования и ремедиации, химико-аналитическим методам и современным подходам.

Региональное отделение SETAC RLB способствует интеграции экологов в единое мировое сообщество, регулярным встречам специалистов, совместной реализации международных научных проектов.

<https://russianbranch.setac.org/> vk.com/setac_young_ru

ЛЭТАП



Лаборатория экотоксикологического анализа почв (ЛЭТАП) аккредитована на факультете почвоведения МГУ 15 января 2002 г.

ЛЭТАП выполняет исследования по оценке экотоксичности методами биотестирования техногенных объектов, препаратов и природных сред в рамках научных проектов, договоров и контрактов с предприятиями методами биотестирования по 10 стандартным методам, включенным в Федеральный реестр по обеспечению единства измерений в РФ (Росстандарт).

За прошедшие годы накоплен большой опыт в применении современных биотест-систем к оценке токсичности почв, вод, донных отложений, в определении степени опасности отходов различных производств, традиционных поллютантов, отходов и продуктов новых технологий. Разработаны и внедрены широко востребованные методики биотестирования.

На базе ЛЭТАП проводится обучение специалистов и студентов навыкам работы с тест-культурами. Реализуются программы краткосрочного повышения квалификации экологов (72 час.) .

Мы рады новым предложениям, открыты к сотрудничеству и обмену опытом.

Наши контакты: 8 495 930 03 50 ; letap.msu@gmail.com ; www.letap-msu.ru



ООО «Европолитест»- молодая компания, созданная в 2009 году молодыми и энергичными специалистами, обладающими большим опытом в области производства и комплексного оснащения лабораторий различного профиля лабораторно-аналитическим, испытательным, общелабораторным

оборудованием, лабораторной мебелью и сопутствующей продукцией.

Уникальным предложением ООО "Европолитест" на российском рынке является профессионализм и углубленные знания в области биотестирования. Сегодня деятельность компании не ограничивается только сферой экотоксикологии, но и расширяется на сферу токсикологии кормов и пищевых добавок. Совместно с к.т.н Черемных Е.Г. разработан и активно внедряется в лабораторную практику автоматизированный программно-технический комплекс «БиоЛаТ», способный значительно снизить трудоемкость оценки интегральной токсичности проб в комбикормовой отрасли, повысить точность и сходимости биотестов на инфузориях.

ООО «Европолитест» уделяет большое внимание внедрению в производственный процесс разработок российских ученых, инвестирует средства в производство оборудования, в основе которого лежат запатентованные методы инженерные решения наших разработчиков. Уже не первый год развивается плодотворное сотрудничество с ФГОУ ВПО «Сибирский Федеральный Университет» в области производства и продвижения оборудования для экологического мониторинга. Немаловажным достоинством этого типа оборудования является широкая и всесторонняя сервисная и методическая поддержка пользователей, осуществляемая ООО «Европолитест».

Благодаря высокому качеству и надежности, выпускаемое нашей компанией оборудование завоевало доверие и признание токсикологов и гидробиологов по всей России: на сегодняшний день успешно установлено и работает более 1000 приборов, производимых ООО «Европолитест». В списке наших постоянных клиентов промышленные предприятия и государственные учреждения РФ.

Сайт компании: <http://www.europolytest.ru>



HUMIC LAND

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ HUMIC LAND

Продукт: комплекс Humic Land – гелеобразное 100% органическое удобрение.

Исходный материал: вода и чёрный торф (без добавления каких-либо химических веществ).

Метод производства: кавитация, ферментация, процессы физического и механического измельчения. Применение

природных процессов при производстве продукта позволяет сохранить микроорганизмы в их активном состоянии.

Удобрение содержит 2 наиболее важных компонента: гуминовую и фульвовую кислоты.

Продукт можно использовать для: злаковых культур, овощей, плодовых деревьев и кустарников, пряных трав, декоративных уличных и комнатных растений и цветов, лекарственных растений, газонов и т.д.

Сертификаты качества и разрешение на использование в экологическом сельском хозяйстве:

- Аттестация ECOCERT No. 161446LT1500n3e, Франция;
- Аттестация IMOSwiss AG, No. 150283, Швейцария;
- Подтверждение IMOSwiss AG, No. 150283-NOP, Швейцария;
- Разрешение на продажу удобрения No. J0.02 – 1565 -17, Латвия;
- Удобрение Humic Land одобрено Государственной службой растениеводства при Министерстве сельского хозяйства Литовской Республики для использования в экологическом сельском хозяйстве, Литва.

Сертификаты подтверждают разрешение на использование **Humic Land** в экологическом сельском хозяйстве, в соответствии с требованиями **Министерства сельского хозяйства США (USDA, AMS 7 CFR Часть 205, Национальная экологическая программа)**, а также соответствие требованиям экологии ЕС (**Нормативно-правовые акты ЕС No 834/2007 и 889/2008**).

Экономические преимущества Humic Land:

- **Повышает урожайность на 40%** и улучшает внешний вид урожая;
- **Снижает необходимость полива на 30%** - необходимость полива газонов / лужаек в засушливых регионах снижается в 2 раза;
- **Улучшает структуру почвы**, а также её водопроницаемость и воздухопроницаемость, улучшает способность почвы сохранять влагу;
- **Уменьшает потребление минеральных удобрений на 30%** - уменьшение концентрации используемых минеральных удобрений на 30%.

Основные преимущества применения Humic Land:

- Помогает растениям усваивать больше питательных веществ;
- Стимулирует корнеобразование и рост растений, ускоряет прорастание семян;
- Улучшает иммунную систему растений и повышает их стрессоустойчивость;
- Улучшает метаболизм и водный баланс растений;
- Помогает растению сохранить влагу в периоды засухи;
- Улучшает вкус фруктов и овощей, увеличивает количество витаминов в них и помогает дольше сохранить свежесть;
- Нейтрализует и восстанавливает естественный pH баланс почвы;
- Повышает количество гуминовых кислот и микроорганизмов в почве, улучшает структуру почвы.

Тара и упаковка:

- Однолитровые бутылки;

-
- Пятилитровые канистры;
 - 20-литровые канистры;
 - По 950 литров ИВС контейнеры;
 - По 20 мл пакетики.

Мы всегда готовы ответить на все интересующие Вас вопросы относительно удобрения Humic Land.

С уважением, Команда Humic Land

Эл. п.: lina.senuliene@humicland.com и sales@humicland.com и info@humicland.com Тел. / Viber /
WhatsApp: +370 685 80 229 и +370 683 25 696 и +370 675 34 695, Веб сайт: www.humicland.com



Программы повышения квалификации факультета почвоведения МГУ имени М.В.Ломоносова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова открывает набор на новые программы повышения квалификации факультета Почвоведения МГУ. Широкий спектр программ дополнительного образования в области экологии, химии, микробиологии и смежных направлений рассчитан на сотрудников, выполняющих работы связанные с вопросами обеспечения экологической безопасности, биотестированием, обращению с отходами, инженерно-экологическими изысканиями, системой менеджмента качества испытательных лабораторий, экологическим мониторингом и другими.

На данный момент реализуется более двадцати программ, такие, как:

Программы для специалистов испытательных лабораторий

1. Методы хроматографического анализа объектов окружающей среды
2. Система менеджмента качества испытательной лаборатории
3. Специалист испытательной лаборатории
4. Биотестирование в аттестованной лаборатории: стандартизация тест-культур
5. Использование спектральных методов анализа в экологических исследованиях

Программы для экологов

1. Обеспечение экологической безопасности руководителями и специалистами экологических служб и систем экологического контроля
2. Профессиональная подготовка лиц, допущенных к сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I - IV классов опасности
3. Экологический мониторинг почв
4. Основы рекультивации нарушенных и загрязненных земель
5. Оценка экологического риска
6. Биотестирование в аттестованной лаборатории: стандартизация тест-культур
7. Технологии биотестирования в экологическом контроле природных и техногенных объектов
8. Химическая, биологическая и экологическая безопасность
9. Инженерно-экологические изыскания
10. Инновационный экологический и производственный мониторинг водохозяйственных систем. Инновационное проектирование систем очистки сточных вод

Программы для микробиологов

1. Актуальные и перспективные направления исследования актиномицетов
2. Методы оценки биологической активности почв и таксономического разнообразия в объектах ОС
3. Микробиологические методы анализа объектов окружающей среды

Программы для специалистов других областей

1. Теоретические и практические основы цифровой почвенной картографии
2. Технологии организации дренажа в усадебном строительстве
3. Цифровая морфометрия: количественная оценка цвета почв с использованием сканера
4. Организация учебно-исследовательской и проектной деятельности в сфере экологии

По результатам освоения курсов повышения квалификации выдается удостоверение установленного образца.

Информация о курсах дополнительного образования размещена на официальном сайте МГУ в разделе дополнительного образования <http://www.msu.ru/study/dopobr/>, на сайте факультета <http://soil.msu.ru/dopolnit-obrazovanie/2884-programmy-dopolnitelnogo-obrazovaniya-2018-2019> и <https://www.edu.soil.msu.ru/nashi-kursy>. Запись на курсы по телефонам 8(495)9392233, 8(903)22-33-99-2, Email: edusoilmsu@gmail.com, edusoilmsu@soil.msu.ru.

Будем рады видеть Вас на наших курсах повышения квалификации!