



Научная конференция, посвященная памяти
ведущих ученых в области почвенной микробиологии
И.Ю. Чернова, М.М. Умарова,
О.Е. Марфениной, Б.А. Бызова

СОХРАНЯЯ ТРАДИЦИИ – К НОВЫМ ДОСТИЖЕНИЯМ

25 декабря 2019 года

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Москва
МАКС Пресс
2019

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

Факультет почвоведения
Кафедра биологии почв

Научная конференция, посвященная памяти ведущих
ученых в области почвенной микробиологии

И. Ю. Чернова, М. М. Умарова,
О. Е. Марфениной, Б. А. Бызова

СОХРАНЯЯ ТРАДИЦИИ – К НОВЫМ ДОСТИЖЕНИЯМ

25 декабря 2019 года

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



МОСКВА – 2019

УДК 631.46:579.2

ББК 28.4:40.5

С68

Сохраняя традиции – к новым достижениям: научная конференция, посвященная памяти ведущих ученых в области почвенной микробиологии И. Ю. Чернова, М. М. Умарова, О. Е. Марфениной, Б. А. Бызова: 25 декабря 2019 г.: Тезисы докладов / Сост. Л. А. Поздняков. – Москва: МАКС Пресс, 2019. – 71 с.

e-ISBN 978-5-317-06301-6

<https://doi.org/10.29003/m855.978-5-317-06301-6>

Целью конференции является ознакомление с докладами по актуальным проблемам почвенной микробиологии, а также зоомикробных взаимодействий в почве и почтение вклада И. Ю. Чернова, М. М. Умарова, О. Е. Марфениной, Б. А. Бызова в современное учение о почвах.

Ключевые слова: микробиология, биология почв, экология, почвоведение, грибы, дрожжи, азотфиксация, денитрификация, зоомикробные взаимодействия.

УДК 631.46:579.2

ББК 28.4:40.5

Материалы сборника доступны на интернет-ресурсах:

<http://soil.msu.ru>

<http://www.pochva.com>

e-ISBN 978-5-317-06301-6

© Кафедра биологии факультета почвоведения
МГУ имени М. В. Ломоносова, 2019

© Авторы докладов, 2019

Содержание

<i>Абдыжапарова А.Ч., Мазина С.Е.</i> Диатомы различных биотопов входных участков пещер-источников Абхазии.....	7
<i>Алдобаева И.И., Александрова А.В.</i> Культивируемые почвообитающие микромицеты пальмового леса.....	8
<i>Астайкина А.А., Стрелецкий Р.А., Маслов М.Н., Белов А.А., Горбатов В.С., Степанов А.Л.</i> Влияние пестицидной нагрузки на микробное сообщество почвы.....	9
<i>Белов А.А., Чепцов В.С.</i> Бактериальные сообщества почв и осадочных пород экстремальных местообитаний.....	10
<i>Белосохов А.Ф., Ярмеева М.М., Еланский С.Н.</i> Почвообитающие микромицеты, ассоциированные с клубнями картофеля	11
<i>Богатырев Л.Г., Маслов М.Н., Поздняков Л.А.</i> Влияние поселений серой цапли (<i>Ardea cinerea</i>) на биологическую активность дерново-подзолистой почвы	12
<i>Бондарева Е.В., Иванова А.Е., Серая Л.Г., Ларина Г.Е.</i> Микобиота почвогрунта интенсивного яблоневое сада мгу	13
<i>Венжик А.С., Качалкин А.В.</i> Биоразнообразие и антагонизм против фитопатогенов эндофитных дрожжей плодово-ягодных культур..	14
<i>Власова А.П.</i> Характеристика прокариотного сообщества почвы при повышенном содержании хлоридов и нитратов	15
<i>Вышелесский А.Б.</i> Сообщества микроорганизмов ускоряющих процессы компостирования куриного помёта.....	16
<i>Глазунов Г.П., Евдокимова М.В., Титарев Р.П., Аймалетдинов Р.А., Шестакова М.В.</i> Сравнительная макроскопическая кинетика отклика степной растительности в форме вегетационного индекса NDVI и микробиоты в форме микробного дыхания почв на их загрязнение тяжёлыми металлами.....	17
<i>Голованов Д.Л., Лебедева М.П., Кутювая О.В., Абросимов К.Н., Шишников В.А.</i> Сопряженный гидрофизико-микробиологический механизм формирования коркового горизонта и пустынного загара почв гаммад Центральной Азии.....	18
<i>Гонгальский К.Б., Зайцев А.С.</i> Развитие функциональной биогеографии почв.....	19
<i>Данилова А.Д., Маслов М.Н., Королева Н.Е.</i> Биомасса и активность микроорганизмов в первичных почвах гольцовых пустынь Хибин	20
<i>Еланский С.Н., Кутюзова И.А., Перцев А.С., Чудинова Е.М.</i> Мониторинг устойчивости российских штаммов <i>Helminthosporium solani</i> к тиабендазолу	21

<i>Ереско М.А., Клебанович Н.В.</i> Об азоте аммонийном в почвах Беларуси.....	23
<i>Железова А.Д., Куликова Н.А.</i> Эффект мобилизации глифосата в почве на численность некоторых функциональных генов.....	24
<i>Захарычева А.П.</i> Новые штаммы эвриархей, гидролизующие природные полимеры в условиях высокой солености.....	25
<i>Зубкова Т.А.</i> Матричная организация почвы по образу и подобию живого вещества	26
<i>Зейрук В.Н., Васильева С.В.</i> Влияние севооборотов на микробиологический процесс жизнедеятельности почвы	27
<i>Иванова Е.А., Першина Е.В., Андронов Е.Е., Абакумов Е.В.</i> Микробные сообщества в ходе эволюции почв Ленинградской области.....	28
<i>Квиткина А.К., Смирнов Н.С.</i> Влияние травянистого покрова еловых лесов на микробную биомассу и химические свойства почв Печоро-Ильчского заповедника.....	29
<i>Коба В.П., Сахно Т.М.</i> Некоторые вопросы биодиагностики эродированных почв Крыма.....	30
<i>Козлов А.В.</i> Биохимическая активность некоторых бактерий дерново-подзолистых почв в отношении вещества кремнийсодержащих материалов.....	31
<i>Козлова Е.В., Мазина С.Е.</i> Микромитцы в сообществах фотических зон пещер Черногории.....	32
<i>Кокаева Л.Ю., Ярмеева М.М., Зейрук В.Н., Еланский С.Н.</i> Использование метода ПЦР для обнаружения возбудителя ризоктониоза в растительном материале	33
<i>Колотилова Н.Н.</i> Последний адрес: памяти репрессированных микробиологов	34
<i>Корнейкова М.В.</i> Оппортунистические грибы в почвах, загрязненных выбросами промышленных предприятий на Кольском полуострове	35
<i>Кочкарлова С.А., Бегматов Ш.А., Селицкая О.В., Зиновьева О.В.</i> Оценка биоразнообразия бактерий ризосферы некоторых растений засоленных почв Аральского моря	36
<i>Ксенофонтова Н.А.</i> Метагеномный анализ прокариотного комплекса почв, загрязненных нефтью	37
<i>Кузнецова М.А., Рогожин А.Н., Сметанина Т.И., Демидова В.Н.</i> Защита картофеля от питиозной гнили в условиях современного земледелия.....	38
<i>Кузнецова Н.А., Антипова М.Д., Бокова А.И., Панина К.С., Потапов М.Б.</i> Влияние экологизации сельского хозяйства на почвенных животных: коллемболы на полях озимой пшеницы.....	39

<i>Кузнецова Т.А., Вечерский М.В., Голыченков М.В., Степаньков А.А.</i>	
Азотфиксация, ассоциированная с короедом-типографом	40
<i>Лысак Л.В., Воробьева Е.А., Горленко М.В., Костина Н.В., Полянская Л.М.</i>	
Биологическая активность конструкторземов парка «Зарядье».....	41
<i>Магомедова Е.С., Абдуллабекова Д.А., Качалкин А.В.</i>	
Видовое разнообразие дрожжевых грибов почвы ампелоценоза в весенний период.....	42
<i>Мазина С.Е., Попкова А.В.</i>	
Микромицеты входных участков пещер Абхазии	43
<i>Манучарова Н.А., Каримов Т.Д., Власова А.П., Зенова Г.М., Степанов А.Л.</i>	
Прокариотная гидролитическая составляющая реликтовых почвенных сообществ.....	44
<i>Маркарова М.Ю., Надежкин С.М., Маркарова А.Э.</i>	
Инфекционный фон почв агроценозов в длительных опытах с удобрениями и овощном севообороте	45
<i>Маслов М.Н.</i>	
Лимитирование активности микроорганизмов почв горной тундры доступностью азота: внутрисезонная динамика и эффект повышения температуры	46
<i>Меняйло О.В., Матвиенко А.И.</i>	
Азот как фактор С-минерализации и ее температурной чувствительности.....	47
<i>Морозова А.И., Зуев А.Г.</i>	
Проблемы изучения дрожжевых сообществ термитников национального парка Кат Тьен (Южный Вьетнам)....	48
<i>Никитин Д.А., Лысак Л.В., Бадмадашиев Д.В., Мергелов Н.С., Долгих А.В., Горячкин С.В.</i>	
Численность прокариот, грибов и бактериофагов в почвах земли Франца-Иосифа и Новой земли....	49
<i>Припутина И.В., Фролов П.В., Быховец С.С., Чертов О.Г.</i>	
Тестирование модели Romul_Hum в имитационных экспериментах на примере лесных почв.....	50
<i>Семенов М.В., Никитин Д.А.</i>	
Сообщества прокариот и грибов ризосферы при агрогенной эвтрофикации почвы	51
<i>Сидорова Т.А., Иванова А.Е., Горленко М.В., Кожевин П.А.</i>	
Микобиота погребенных почв разного генезиса и длительности погребения в условиях поймы	52
<i>Сизов Л.Р., Лысак Л.В., Гмошинский В.И.</i>	
Взаимосвязи между бактериями и миксомицетами, обитающими в лесном биоценозе	53
<i>Сорокина Е.В., Олескин А.В.</i>	
Действие нейроактивных веществ на биолуминесценцию рекомбинантного штамма <i>Escherichia coli</i> K12 TGI.....	54
<i>Сотников И.В., Якушев А.В.</i>	
Бактериальный комплекс кишечного тракта <i>Lithobius forficatus</i>	55

<i>Спасенов А.Ю., Мазина С.Е., Кочетков С.Н.</i> Микромитцы индикаторы антропогенного загрязнения в пещерах	56
<i>Темралеева А.Д.</i> Идентификация почвенных водорослей: морфология vs. ДНК-баркодинг	57
<i>Тепеева А.Н., Глушакова А.М., Качалкин А.В.</i> Характеристика дрожжевых сообществ почв города Москвы.....	58
<i>Терехова В.А.</i> Микодиагностика экологических функций почв: проблемы и новые возможности	59
<i>Тиунов А.В., Зуев А.Г., Кудрин А.А.</i> Эктомикоризные грибы в почвенных пищевых сетях	60
<i>Тихонов В.В., Демин В.В.</i> Перспективы развития научных идей Б.А. Бызова в области почвенных зоомикробных взаимодействий	61
<i>Токарева О.А., Маслов М.Н.</i> Сезонная динамика биологической активности почв горной тундры Хибин на склонах разной экспозиции	62
<i>Трофимов А.С., Бегматов Ш.А., Селицкая О.В.</i> Некоторые физиолого-биохимические свойства галотолерантной азотофиксирующей бактерии <i>Halomonas</i> , выделенной из засоленной почвы Аральского моря.....	63
<i>Уваров А.В.</i> Межвидовые взаимодействия в ассоциациях люмбрицид и дыхание почвы	64
<i>Чекин М.Р., Кудинова А.Г., Лапыгина Е.В., Лысак Л.В.</i> Определение численности и морфологического разнообразия бактериофагов в некоторых почвах России.....	65
<i>Чепцов В.С., Белов А.А., Воробьева Е.А., Манучарова Н.А., Павлов А.К.</i> Устойчивость почвенного микробного сообщества к облучению ускоренными электронами в условиях низкого давления и низкой температуры	66
<i>Чернов Т.И., Железова А.Д.</i> Изменение почвенных микробных сообществ при сведении и восстановлении тропических лесов Южного Вьетнама.....	67
<i>Чернышева Е.В., Дуцанова К.С., Борисов А.В.</i> Микробиологический след древней хозяйственной деятельности на примере изучения термофильных микроорганизмов в почвах археологических памятников	68
<i>Шабает В.П.</i> Эффективность применения азотфиксирующей бактерии в различных почвенных условиях.....	69
<i>Юдина Т.Г., Го Даньян, Полянская А.Б., Павлова И.Б., Хамидова Х.М.</i> <i>Bacillus thuringiensis</i> и его функциональные амилоиды	70
<i>Якушев А.В., Тихонов В.В., Грачёва Т.А., Голиченков М.В.</i> Вклад работ Бориса Алексеевича Бызова в решение актуальных проблем зоомикробных взаимодействий.....	71

ДИАТОМЫ РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПОВ ВХОДНЫХ УЧАСТКОВ ПЕЩЕР-ИСТОЧНИКОВ АБХАЗИИ

*Абдыжапарова Айгерим Чолпонбековна¹,
Мазина Светлана Евгеньевна^{1,2}*

¹ *Российский университет дружбы народов, экологический факультет,*

² *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
химический факультет,*

Москва, Россия

e-mail: conophytum@mail.ru; abd8aika@gmail.com

Многие пещеры функционируют как постоянные источники – волюксы, из которых могут вытекать ручьи или брать начало реки. В пещерах повышена влажность и стабильна температура, что обеспечивает активное развитие фототрофов в освещенной солнечным светом входной зоне. В пещерах с водными потоками количество биотопов увеличено, а условия еще более благоприятны для развития альгофлоры. В текущих водах формируются сообщества обрастаний, но они отмечены и на сводах пещеры в орошаемой потоком зоне и на участках без непосредственного увлажнения потоком. Важной компонентой сообществ обрастаний являются диатомовые водоросли, которые развиваются на разных субстратах (известняк, кальцит, глинистые отложения), могут переносить значительно затенение, и даже встречаются в темной зоне пещер.

Целью работы было выявление диатомовых водорослей во входной зоне нескольких пещер-источников Абхазии: Аняшка, Аджимчигринская (село Лыхны); Уаз-абаа или Замок Феодала (село Верхние Эшеры); Абрскил, Голова Отапа (село Отап); Шакуранские верхняя и нижняя (село Гульрипш); поток из искусственного туннеля Новоафонской пещеры имени Гиви Смыр (Новый Афон); Хабю (село Хабю).

Анализ видового состава водорослей *Vacillariophyta* в пещерах-источниках Абхазии показал влияние на богатство диатомей наличия органического вещества. В пещерах Голова Отапа и Уаз-абаа, где обитают колонии летучих мышей, и в поток попадает гуано, биоразнообразие и обилие диатомовых было выше, по сравнению с другими пещерами. В сообществах обрастаний потоков преобладали *Amphora sp.*, и виды рода *Navicula*. В орошаемой зоне и на сводах различий в составе диатомей не выявлено, наибольшее обилие имели литофильные виды родов *Humidophyla*, *Plectonema*, *Nitzschia*, *Aulocoseira*. Интересно отметить, что, несмотря на большую удаленность пещер друг от друга, видовой состав диатомовых в них был сходен, за исключением видов, чье появление коррелировало с высокой концентрацией органического вещества из гуано.

КУЛЬТИВИРУЕМЫЕ ПОЧВОБИТАЮЩИЕ МИКРОМИЦЕТЫ ПАЛЬМОВОГО ЛЕСА

Алдобаева Ирина Игоревна, Александрова Алина Витальевна

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

биологический факультет, Москва, Россия

e-mail: irina.aldobaeva1@gmail.com

На базе Российско-Вьетнамского тропического центра ведется систематическое изучение микроскопических грибов охраняемых природных территорий Вьетнама. В рамках этих работ выявлено их высокое разнообразие в почвах и на листовом опаде в различных типах малонарушенных тропических лесов. Одни из наиболее интересных местообитаний – это переувлажненные пальмовые леса, где на специфическом субстрате формируются особые комплексы микромицетов.

В нашей работе был изучен прирусловой лес на аллювиальной песчаной почве с преобладанием сахарной пальмы *Arenga westerhoutii* (Arecaceae) в Национальном парке Бузямап (провинция Биньфьюк). Сбор образцов почвы и опада (по 10 шт.) проведен в начале влажного сезона. Выделение микромицетов осуществлено классическим методом посева из серийных разведений, идентификация проведена по культурально-морфологическим признакам.

Было обнаружено 44 вида микроскопических грибов из 27 родов. Значение индекса разнообразия Симпсона для комплекса видов почвы ($1/D=18,54$) выше, чем для комплекса на опаде ($1/D=8,4$), что коррелирует с видовым богатством (40 и 30 выявленных видов). Достаточно разнообразны сапротрофы: представители родов *Aspergillus* и *Penicillium*, а также виды *Acremonium*, *Chaetomium*, *Humicola*, *Purpureocillium*, *Trichoderma* и др. Представлены также и фитопатогенные грибы, способные как к сапротрофному развитию на опаде, так и к активному поражению древесных и травянистых растений. Впервые для Вьетнама был выявлен *Endocalyx melanoxanthus*. Он практически всегда выделяется с пальмовых остатков, однако его патогенность не доказана, обычно он связан с пальмами родов *Borassus*, *Cocos*, *Elaeis* и *Phoenix*. Другие виды рода также найдены на пальмах в Бразилии и Аргентине.

Расчет индексов, оценивающих полное видовое богатство (методом Чао2 и складного ножа) показывает, что при изучении 20 независимых образцов почвы и листового опада, видовое разнообразие микромицетов выявлено только на 56% – 66%, что говорит о высокой гетерогенности распределения отдельных видов в данном местообитании и перспективности его дальнейших исследований.

ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ НА МИКРОБНОЕ СООБЩЕСТВО ПОЧВЫ

*Астайкина Анжелика Анатольевна^{1,2},
Стрелецкий Ростислав Александрович¹,
Маслов Михаил Николаевич¹, Белов Андрей Антонович¹,
Горбатов Виктор Сергеевич², Степанов Алексей Львович¹*

¹ *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия*

² *Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
Большие Вяземы, Россия
e-mail: astaikina-anzhel@mail.ru*

Оценка воздействия средств защиты растений на состав и активность микроорганизмов является классической задачей почвенной микробиологии и, не смотря на то, что сам факт негативного воздействия пестицидов установлен, масштабы этого явления, наличие и длительность хронических эффектов, последствия системного применения пестицидов для микробного сообщества почв не определены. Эти задачи могут быть решены только при применении современных молекулярно-генетических методов в сочетании с классическими методами почвенной микробиологии.

Методом высокопроизводительного секвенирования (NGS) проведена оценка влияния трех пестицидов (гербицид метрибузин, инсектицид имидаклоприд и фунгицид беномил) при раздельном и совместном внесении в одно- и десятикратной нормах применения на структуру микробных комплексов и показатели биологической активности агродерново-подзолистой почвы (Московская область). Установлено, что пестициды оказывают наибольшее влияние на грибное сообщество по сравнению с прокариотным, для которого показано изменение только обилия филумов актинобактерий и протеобактерий. Исследование грибных сообществ по результатам молекулярно-генетического анализа во всех почвенных образцах выявило два доминирующих отдела грибов – *Ascomycota* (72.6 ± 8.0%) и *Basidiomycota* (26.0 ± 7.7%). При этом, в образцах с 10 кратными нормах применения пестицидов (как в смеси, так и по отдельности) обнаружено увеличение численности представителей отдела *Basidiomycota*. Внесение пестицидов оказывает краткосрочное стимулирующее действие на содержание углерода микробной биомассы. Показано, что инсектицид имидаклоприд стимулирует азотфиксацию, в то время как другие пестициды не оказывают влияния на этот показатель.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-016-00130 А, грант № 18-316-00054 мол_а).

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ПОЧВ И ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ

Белов Андрей Антонович, Чепцов Владимир Сергеевич

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

факультет почвоведения, Москва, Россия

e-mail: and.ant.be@gmail.com

Исследования микробных сообществ экосистем, подверженных постоянным стрессовым нагрузкам, способствуют расширению представлений о физиолого-биохимических процессах, обуславливающих гомеостаз микробных клеток, дают ценную информацию для палеомикробиологии и астробиологии, а также способствуют решению прикладных задач. В силу чрезвычайно высокой гетерогенности почвенной среды и значительного разнообразия экстремальных экосистем, обусловленного набором и интенсивностью стрессовых факторов, биоразнообразие прокариот экстремальных местообитаний и пределы и механизмы их устойчивости все еще остаются малоизученными.

С применением широкого спектра как классических, так и наиболее современных микробиологических и молекулярно-биологических методов, в том числе, разработанных нами методических подходов и модификаций ряда существующих методик, были проведены исследования по изучению биоразнообразия и устойчивости к физико-химическим факторам и присутствию антибиотиков культивируемых бактериальных сообществ, выделенных из образцов почв, грунтов и льдов различных аридных экосистем и эксперименты по выявлению потенциальной жизнеспособности микробных сообществ экстремальных местообитаний при моделировании взеземных условий. Показано, что устойчивость микробных сообществ к воздействию ионизирующей радиации значительно (более чем на порядок) недооценена. Выявлено сохранение функционального разнообразия сообществ после облучения высокими дозами ионизирующего излучения в условиях низкого давления и низкой температуры. Установлено, что устойчивость бактерий в составе микробного сообщества превышает их устойчивость чистой культуре. Для широкого разнообразия бактерий, выделенных из экстремальных местообитаний, показана комплексная устойчивость в широком диапазоне температур культивирования, рН среды, присутствия различных солей и окислителей, вплоть до концентраций насыщенных растворов. Бактерии, выделенные из почв и грунтов экстремальных местообитаний, характеризуются антибиотикоустойчивостью к веществам антагонистам разных классов по механизму биологического действия, в том числе и множественной устойчивостью. В ходе исследований была создана Астробиологическая коллекция микроорганизмов (depo.msu.ru), включающая более 2400 единиц хранения. Полученные результаты свидетельствуют о высоком таксономическом и функциональном разнообразии

разии микробных сообществ почв и грунтов экстремальных экосистем, их участии в глобальных биосферных процессах. Модельные эксперименты свидетельствуют о высокой устойчивости микробных сообществ к воздействию факторов внеземного пространства и потенциальной возможности длительного сохранения экосистем земного типа в космическом пространстве и на ряде планет и тел Солнечной системы.

Исследования были выполнены при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований в рамках научного проекта № 18-34-00331.

ПОЧВООБИТАЮЩИЕ МИКРОМИЦЕТЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С КЛУБНЯМИ КАРТОФЕЛЯ

***Белосохов Арсений Фёдорович, Ярмеева Мария Маратовна,
Еланский Сергей Николаевич***

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
биологический факультет, Москва, Россия
e-mail: arsenybelosokhov.msu.bios@gmail.com*

Почвенные микромицеты – важные компоненты природных и агрокультурных сообществ. Многие из них являются непосредственными участниками событий патогенеза у такой важной культуры, как картофель, и могут значительно влиять на урожайность и сохранность урожая в течение хранения.

В последнее время наблюдается динамика видового состава почвенных микромицетов, ассоциированных с клубнями картофеля. Мы исследовали клубни картофеля с коммерческих посадок в Московской области, взятые из почвы в вегетационный период и из хранилищ во время хранения. Выделенные в чистую культуру виды идентифицированы по морфологическим и молекулярным признакам.

Обнаружено значительное разнообразие грибов рода *Fusarium* на клубнях картофеля: *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *F. chlamydosporum*, *F. verticillioides*, *F. solani*, *F. sporotrichioides*, *F. dimerum*. Также были обнаружены грибы рода *Clonostachys*: *C. compactiscula*, *C. lasiacidis*, *C. rosea f. rosea*, *C. rosea f. cantenulata*, *C. bixi*. Известно, что некоторые виды рода *Clonostachys* используются как агенты биоконтроля против грибов рода *Fusarium*, однако разнообразие видов этого рода на клубнях изучено очень слабо. Также были выявлены виды, ранее не отмеченные на клубнях: *Chaetomium globosum*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium steckii*, *Berkeleyomyces basicola*, *Ilyonectria destructans*, *Septotinia populiperda*, *Ulocladium oudemansii*, *Trichocladium asperum*. Эксперименты по заражению показали, что *S. populiperda* и *T. asperum* являются активными патогенами и способны инициировать первичное заражение и вызывать значительные повреждения клубней.

Наши данные свидетельствуют об изменении видового состава почвенных микромицетов, ассоциированных с клубнями картофеля. На клубнях обнаруживаются новые виды грибов из почвы, в том числе патогенные, что говорит о необходимости мониторинговых исследований почвенных грибов на картофеле и разработке новых методов защиты клубней.

ВЛИЯНИЕ ПОСЕЛЕНИЙ СЕРОЙ ЦАПЛИ (*Ardea cinerea*) НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

*Богатырев Лев Георгиевич, Маслов Михаил Николаевич,
Поздняков Лев Анатольевич*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
e-mail: bogatyrev.l.g@yandex.ru*

Тема влияния животных на биологическую активность почвы является одной из ключевых в научном наследии профессора М.М. Умарова. В тоже время, объектами его исследований были преимущественно почвенные беспозвоночные и млекопитающие. При этом, к настоящему времени хорошо известно, что в местах своего гнездования серые цапли (*Ardea cinerea*), которые являются обычным и часто многочисленным для средней полосы видом, оказывают значительное влияние на почвенно-растительный покров. Этот фактор может, как стимулировать, так и подавлять микробиологическую активность почв и подстилок.

Образцы подстилки и дерново-подзолистой почвы были отобраны в Московской области в сосняке непосредственно под гнездами серой цапли, а также вне их влияния. Установлено, что в местах гнездования серой цапли происходит подавление респираторной активности микроорганизмов, прежде всего в верхних горизонтах подстилки, где наблюдается трехкратное снижение базального дыхания (БД). Это снижение обусловлено сокращением пула углерода микробной биомассы ($C_{\text{микро}}$) в 2.5-3 раза (определено методом СИД). Снижение скорости минерализации растительного опада приводит к формированию под гнездами полнопрофильной (LFH) среднемощной подстилки. Интенсивность БД и содержание $C_{\text{микро}}$ резко сокращаются с глубиной и для гумусового горизонта дерново-подзолистой почвы не выявлено различий по этому показателю между участками. Образование и потребление метана под влиянием жизнедеятельности цапель изменяется в подстилке и почве по-разному: в подстилке под гнездами снижается скорость метаногенеза и увеличивается интенсивность потребления метана, в почве, напротив, наблюдается стимулирование метаногенеза. Поступление продуктов жизнедеятельности цапель приводит к семикратному по сравнению с контролем увеличению потенциальной скорости денитрификации в

подстилке (гор. L). Однако, для гумусового горизонта почвы повышение потенциальной скорости нитратного дыхания не зафиксировано не смотря на статистически достоверное увеличение содержания нитратов в почве под гнездами.

МИКОБИОТА ПОЧВОГРУНТА ИНТЕНСИВНОГО ЯБЛОНЕВОГО САДА МГУ

**Бондарева Елена Викторовна^{1,2}, Иванова Анна Евгеньевна^{1,3},
Серая Лидия Георгиевна², Ларина Галина Евгеньевна²**

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия

² ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
Большие Вяземы, Россия

³ ФГБНУ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия
e-mail: BondarevaE.V@yandex.ru

При озеленении урбозкосистем широко используют плодовые культуры – яблони разных видов. На территории Ботанического сада МГУ в начале лета 2019 г. был заложен яблоневый сад с высокой плотностью посадки по принципу интенсивных промышленных садов для отработки дистанционного контроля состояния растений. Саженьцы высажены с открытой корневой системой в приготовленную почвосмесь.

Цель работы – анализ динамики видового разнообразия микобиоты в корневой зоне яблони домашней (*Malus domestica* Borkh.). Выделение культивируемых сапротрофных и фитопатогенных микромицетов и оомицета *Phytophthora*, осуществляли из отдельных исходных субстратов (песок, компост на основе навоза, верхний слой почвы из сада) и приготовленной почвосмеси в вегетационном сезоне (при посадке, в середине лета, начале и конце осени).

Методом посева почвенных разведений и почвенных комочков было выявлено 23 вида микромицетов, относящихся к 14 родам из отделов Mucogomycota и Ascomycota. На корнях обследуемых саженцев преобладали мукооровые грибы. В исходных компонентах почвосмеси доминировали типичные почвенные сапротрофы *Absidia spinosa*, *Clonostachys rosea* и представители родов *Mucor* и *Trichoderma*. Содержание фитопатогенных грибов из родов *Fusarium* и *Pythium* составило в компосте - 30 и 10%, нативной почве - 24 и 13%, почвосмеси - 10 и 20%, соответственно. В песке видовое разнообразие микромицетов было наименьшее, фитопатогены не выявлены. В компосте обильно присутствовали копрофильные и целлюлозолитические грибы: *Chaetomium erectum*, *Ch. globosum*, *Melanospora zamiae* и другие. Фитопатогенов рода *Phytophthora* в почвосмеси и в отдельных компонентах не выделено. К концу сезона в почвосмеси отмечено снижение видового разнообра-

зия микромицетов за счёт сокращения присутствия копрофильных и фитопатогенных видов, изменение структуры сапротрофного сообщества и набора доминирующих видов. Различий по составу и структуре грибных сообществ в корневой зоне саженцев яблони домашней и почво-смеси не отмечено.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И АНТАГОНИЗМ ПРОТИВ ФИТОПАТОГЕНОВ ЭНДОФИТНЫХ ДРОЖЖЕЙ ПЛОДОВО- ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

Венжик Александра Сергеевна, Качалкин Алексей Владимирович

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

факультет почвоведения, Москва, Россия

e-mail: venzhik.a.s@gmail.com, kachalkin_a@mail.ru

Эндофитное развитие микроорганизмов в растительных тканях до сих пор изучено недостаточно. Эндофитные дрожжи синтезируют растительные гормоны (Tantirungkij, 2015; Glushakova, Kachalkin, 2017; Malhadas, 2017), стимулируя рост и развитие растений, а также производят антибиотические вещества, с помощью которых ингибируют развитие фитопатогенов (Mari et al., 2012; Celis et al., 2014).

Были исследованы эндофитные дрожжи из плодово-ягодных культур, произрастающих в России и импортированных из 11 стран: Азербайджан, Иран, Испания, Колумбия, Коста-Рика, Мадагаскар, Марокко, Мексика, Перу, Сербия, Турция. Плодовые культуры относились к следующим видам: абрикос, авокадо, айва, ананас, арбуз, виноград, грейпфрут, дыня, земляника, инжир, ирга, киви, крыжовник, кумкват, личи, манго, мандарины, слива, смородина, тамарилло, финики, хурма, черешня, яблоки. С использованием поверхностной стерилизации плодов (Priog et al., 2017) методом посева было выделено 260 дрожжевых культур. Общая частота встречаемости составила 45%, а численность – 8×10^3 КОЕ/г. Наибольшая численность эндофитных дрожжей была обнаружена в мякоти айвы из Московской области ($1,7 \times 10^8$ КОЕ/г), а среди импортных плодов – в мякоти ананаса из Коста-Рики ($4,6 \times 10^4$ КОЕ/г).

Видовая идентификация позволила отнести выделенные дрожжи к 57 видам. Наиболее часто встречающиеся виды: *Aureobasidium pullulans*, *Candida oleophila*, *C. saitoana*, *Cyberlindnera misumaiensis*, *Debaryomyces hansenii*, *Hanseniaspora uvarum*.

Методом совместного культивирования была проверена антагонистическая активность культур по отношению к грибам-фитопатогенам. По результатам антагонистическую активность против *Rhizoctonia solani* (VKM F-895) и *Botrytis cinerea* (VKM F-3850) проявили около 20% штаммов дрожжей-эндофитов, против *Alternaria alternata* (VKM F-

4343) – 25%, против *Sclerotinia sclerotiorum* (VKM F-879) – 28% и против *Fusarium oxysporum* (VKM F-2313) – 30%.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 19-74-10002.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОКАРИОТНОГО СООБЩЕСТВА ПОЧВЫ ПРИ ПОВЫШЕННОМ СОДЕРЖАНИИ ХЛОРИДОВ И НИТРАТОВ

Власова Анастасия Павловна

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
e-mail: anastasya.nast-vlasova@yandex.ru*

На кафедре агрохимии факультета почвоведения активно исследуется вопрос о совместном действии основных форм удобрений на биологическую активность систем. Так был обнаружен интересный эффект: внесение хлорида калия совместно с азотно-фосфорным удобрением в почву сопровождается снижением поступления в растения азота и фосфора. Предположительно, это происходит из-за снижения активности почвенных микроорганизмов, вызванное совместным влиянием ионов хлора и нитрата.

Цель и задачи исследования: Целью работы являлась оценка структуры прокариотного сообщества чернозема обыкновенного при повышенном содержании хлоридов и нитратов в почве. Задачи исследования - оценить динамику эмиссии диоксида углерода из чернозема при внесении хлоридов и нитратов, изучить влияние присутствия хлоридов и нитратов на биомассу прокариотного сообщества, определение структуры прокариотного комплекса, выявление филумов бактерий и архей, чувствительных или устойчивых к повышенной концентрации хлоридов и нитратов в почве.

Объекты и методы: Объектами исследования были образцы почв чернозема обыкновенного, на котором проводился опыт по внесению минеральных удобрений: нитрата аммония, двойного суперфосфата и хлорида калия) в различных концентрациях в долгосрочном и краткосрочном опыте. Методы: газовая хроматография, метод FISH, real time PCR.

Результаты исследования: Внесение минеральных удобрений, даже в малых дозах, значительно изменяет структуру биологически активного микробного комплекса. Как при долгосрочном, так и при краткосрочном компостировании среди представителей домена Bacteria практически все группы оказались чувствительными за исключением представителей групп *Firmicutes* и *Verrucomicrobia*. Для некоторых представителей филогенетической группы *Actinobacteria* чувствительность к ионам хлора подтверждается на родовом уровне (*Streptomyces* и *Micromonospora*). Для домена Archaea представители филума *Eu-*

ryarchaeota выявляются как наиболее устойчивые к наличию ионов хлора.

СООБЩЕСТВА МИКРООРГАНИЗМОВ УСКОРЯЮЩИХ ПРОЦЕССЫ КОМПСТИРОВАНИЯ КУРИНОГО ПОМЁТА

Вышелесский Алексей Борисович

*Российский университет дружбы народов, Москва, Россия,
e-mail: avishelesskiy@mail.ru*

В настоящее время бурное развитие птицеводческих предприятий и комплексов влечёт за собой рост отходов – помёта и отходов с боен. Отходы от забоя птицы обогащены белками и кератином (пух и перо). В последние годы участилась практика использования современных эффективных технологий биоконверсии на основе применения термофильных протеолитических микроорганизмов. Ранее в основном применяли кислотный гидролиз, этот способ имел ряд существенных недостатков.

Часто отходы выбрасываются или вывозятся на поля, становясь источниками опасных заболеваний и неприятных запахов. Зловоние и токсические выделения с мест складирования и утилизации этих отходов становятся причиной социального напряжения среди местных жителей. А рост дачного и коттеджного строительства не позволяет расширять рамки санитарных зон, несмотря на увеличение отходов с производства.

Целью работы было исследование и подбор микробиологических культур для создания биологического препарата, который бы надёжно снижал выделение летучих соединений с мест складирования отходов птицеводческих хозяйств и ускорял бы процессы переработки данного вида отходов при использовании компостирования.

В работу были взяты доступные для распространения штаммы бактерий из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (НБЦ ВКПМ), обладающие сильной липолитической и, в некоторых случаях, и протолитической активностями.

Использованы штаммы: *Pseudomonas* (10 шт), *Geobacillus thermocatenulatus*, *Acinetobacter lwoffii*, *Rhodococcus* (2 шт), *Bacillus licheniformis* (3 шт), *Bacillus subtilis* (5 шт). Результаты оценивали визуально по уменьшению жирового слоя в верхней части пробирки. Для лучших штаммов слой жира уменьшился за 3 суток с 10 до 2 мм. Быстрее всего деградация жира происходила при 30-35°C при pH=7,0.

В результате скрининга отобраны штаммы бактерий следующих видов: *Pseudomonas*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*. В результате данной работы получен препарат, который снижал уровень выделения ароматических летучих веществ и на треть ускорял скорость переработки отходов в процессе компостирования.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ МАКРОСКОПИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА
ОТКЛИКА СТЕПНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ФОРМЕ
ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА NDVI И МИКРОБИОТЫ В
ФОРМЕ МИКРОБНОГО ДЫХАНИЯ ПОЧВ НА ИХ
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

*Глазунов Геннадий Павлович, Евдокимова Мария Витальевна,
Титарев Роман Петрович, Аймалетдинов Руслан Алиевич,
Шестакова Мария Владимировна*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет
почвоведения, кафедра земельных ресурсов и оценки почв, Москва, Россия
e-mail: glazng@mail.ru*

Установлено, что сезонная динамика надземной зелёной массы степной растительности, характеризуемой величиной вегетационного индекса NDVI по результатам дистанционного зондирования Земли из космоса аппаратом Landsat 8 в 2015 и 2016 г.г. на всех участках мониторинга в окрестностях участка «Ямская степь» заповедника «Белогорье» в Губкинском районе Белгородской области, испытывающих загрязнение тяжёлыми металлами (ТМ) в виде пыли с горно-обогатительного комбината, подчиняется законам сохранения механики и макроскопической кинетики реагирующих биологических систем и для каждого участка поверхности, отображаемого одним пикселем изображения вегетационного индекса NDVI, характеризуется индивидуальным, отличающим его от других пикселей, набором значений параметров макроскопической кинетики: тремя константами уравнения роста и шестью особыми точками. Шесть особых точек делят сезонную кривую вегетационного индекса NDVI на семь фаз, для каждой из которых характерно индивидуальное сочетание значений параметров макроскопической кинетики (надземной фитомассы, скоростей и ускорений её роста). Для фиксированного момента вегетационного периода показатель количества надземной фитомассы степной растительности на единице поверхности (в форме NDVI) для совокупности мониторинговых площадок с одинаковыми, помимо концентрации ТМ в почве (Li, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Zr, Mo, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, Pb), условиями роста в ответ на их возрастающую концентрацию в фазовой плоскости доза-ответ сначала закономерно растёт, достигая максимума, а затем убывает, в целом следуя теоретическому уравнению отклика на воздействие. Закономерный нелинейный отклик на возрастание концентрации ТМ позволяет выявить оптимальную (пороговую) величину результирующей концентрации ТМ в почве и ранжировать почвы по содержанию в них ТМ на основе шести особых точек модели, разделяющих в фазовой плоскости доза-ответ семь макрокинетических фаз отклика растительности на возрастание концентрации ТМ.

Показатель микробного дыхания (и базального и субстрат-индуцированного) чернозёмов под степной растительностью для совокупности мониторинговых площадок с одинаковыми, помимо концентрации ТМ в почве, условиями в ответ на их возрастающую в почве результирующую концентрацию в фазовой плоскости доза-ответ сначала закономерно растёт, достигая максимума, а затем убывает, в целом следуя теоретическому уравнению отклика на воздействие.

Закономерный нелинейный отклик почвенной микробиоты на рост концентрации ТМ позволяет выявить оптимальную (пороговую) величину результирующей концентрации ТМ в почве и ранжировать почвы по содержанию ТМ на основе шести особых точек модели, разделяющих в фазовой плоскости доза-ответ семь макрокинетических фаз отклика почвенной микробиоты на воздействие смеси ТМ. Для целей биотестирования результирующая концентрация ТМ в почве представляет собой среднее геометрическое из их индивидуальных концентраций по результатам валового анализа. Найденные по особым точкам трёх дозовых зависимостей для чернозёмов заповедника пороговые концентрации ТМ практически совпали.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 18-34-00037 мол-а.

СОПРЯЖЕННЫЙ ГИДРОФИЗИКО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ КОРКОВОГО ГОРИЗОНТА И ПУСТЫННОГО ЗАГАРА ПОЧВ ГАММАД ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Голованов Дмитрий Леонидович^{1,2}, Лебедева Марина Павловна²,

Кутюва Ольга Владимировна², Абрисимов Кирилл Николаевич²,

Шишков Василий Александрович³

¹ *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия*

² *Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, Россия*

³ *Институт географии РАН, Москва, Россия*

e-mail: dm_golovanov@mail.ru, m_verba@mail.ru, vshishkov@yandex.ru

Результаты микробиологических, микроморфологических, микро-томо-графических и электронно-зондовых исследований почв гаммад Центральной Азии (Монголии, Казахстана), а также пустынь Северной Америки, позволяют рассматривать формирование пустынного загара и осветленного везикулярно-пористого коркового горизонта пустынных крайнеаридных почв в качестве взаимосвязанного гидрофизико-микробиологического процесса, в котором ведущую роль играют взрывной микробиологический механизм мобилизации элементов с переменной валентностью и восходящее движение пленочной влаги. Слабая водопроницаемость коркового горизонта (в связи с преобладанием замкнутых пор), низкая растворимость газов, в частности, кислорода,

при высокой температуре в почвенных растворах-рассолах с участием сульфатов, приводят при ударной гидратации, обусловленной ливневым характером летних осадков, к запуску микробиологических процессов восстановления Fe и Mn, сульфатредукции. Активность железобактерий в пустынных почвах была подтверждена прямыми наблюдениями на стеклах обрастания. Промежуточным этапом реакции становится образование сульфидов железа и марганца, вовлечение в миграцию ранее малоподвижного в присутствии сульфатов бария. Барий в ассоциации с марганцем в составе пленочной влаги, имеющей щелочную реакцию, подтягивается на поверхность иссушенной пустынной отмостки и соосаждается с гидроксидами марганца на совмещенном кислородно-сорбционном барьере. Ассоциация железа и титана формируется при окислении сульфидов до сульфатов с локальным подкислением на следующей стадии. На контакте коркового горизонта и щебнистой отмостки происходит формирование встречных локальных геохимических барьеров. Подобный процесс предлагается называть криптоосолодением.

РАЗВИТИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БИОГЕОГРАФИИ ПОЧВ

*Гонгальский Константин Брониславович,
Зайцев Андрей Станиславович*

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН;
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
географический факультет, Москва, Россия
e-mail: gongalsky@gmail.com*

Одна из актуальных проблем экологии и биогеографии – количественная оценка выполняемых почвенными пищевыми сетями функций как в пространстве, так и во времени. Необходимы сбор и верификация количественных данных, сопряженный анализ и синтез имеющихся знаний о фауне и экологии почвенных организмов на конкретных территориях со сведениями о физико-географических условиях, в которых они обитают. Это позволит предсказывать возникающие угрозы и управлять связанными с ними рисками в случае локальных и глобальных изменений среды. Такие исследования недавно стали оформляться в отдельную область биогеографии суши, связанную с функционированием почвенной биоты.

Основными приоритетными направлениями в ее пределах становятся: (1) создание мультитаксонной пространственной базы данных (кадастра) опубликованных материалов о распространении почвенной фауны и заложение основ комплексного картографирования почвенной биоты; (2) проверка видовой принадлежности и фаунистического состава основных проблемных в таксономическом плане и так называемых «гиперразнообразных» групп почвенной биоты молекулярно-генетическими методами; (3) выявление функциональной роли почвен-

ной биоты в различных географических условиях и моделирование процессов с участием почвенных организмов при различных сценариях изменений климата.

Синтез знаний о географически обусловленных закономерностях функционирования детритных пищевых сетей и привлечение обширного полевого и литературного материала позволяет строить современные адаптивные пространственные модели, а на их основе – карты, максимально точно отражающие почвенно-биологические процессы на локальном уровне и позволяющие перейти к количественной оценке функциональной роли почвенной биоты на региональном и глобальном уровнях.

БИОМАССА И АКТИВНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПЕРВИЧНЫХ ПОЧВАХ ГОЛЬЦОВЫХ ПУСТЫНЬ ХИБИН

*Данилова Алена Дмитриевна¹, Маслов Михаил Николаевич²,
Королева Наталья Евгеньевна¹*

¹ Полярно-альпийский сад-институт имени Н.А. Аврорина, Апатиты, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия

e-mail: maslov.m.n@yandex.ru

Гольцовые пустыни – пояс разреженной растительности на высоких горных плато. Экосистемы этого пояса функционируют в наиболее экстремальных условиях, аналогичных высокоарктическим. Несмотря на продолжительную историю изучения природы Хибин, растительность и почвы гольцовых пустынь этих гор остаются практически не исследованными, что не позволяет проводить мониторинг их динамики в результате изменений климата и антропогенного воздействия.

В августе 2019 года нами впервые была проведена оценка содержания углерода и азота микробной биомассы и респираторной активности первичных почв гольцовых пустынь Хибин (г. Айкуайвенчорр, 1020 м н.у.м.). Петроземы с профилем O(W)-M имеют мощность 3-5 см и сформированы под ракомитриевыми, ракомитриево-флаоцетрариевыми, ракомитриево-гарриманеллиево-печеночниковыми и ожиково-камнеломковыми растительными группировками.

Петроземы гольцовых пустынь, несмотря на их маломощность, отличаются высоким содержанием углерода и азота микробной биомассы (в среднем 708 ± 84 мг/кг и 97 ± 22 мг/кг соответственно). Однако, эти показатели в 2 раза ниже, чем для подбуров и литоземов горно-тундрового пояса, расположенного в среднем на 200 м ниже. Тип растительной группировки, под которым формируется петрозем, не оказывает влияния на содержание углерода и азота микробной биомассы почвы. Интенсивность базального дыхания в почвах под растительными сообществами с преобладанием мхов (ракомитриево-группировки) состав-

ляет 3.0 ± 0.6 мкг С-СО₂·г⁻¹·час⁻¹, в то время как для почв под травянисто-кустарничковой растительностью этот показатель равен 7.7 ± 1.3 мкг С-СО₂·г⁻¹·час⁻¹, что сравнимо с аналогичным показателем для почв горно-тундрового пояса. Коэффициент микробного дыхания Q_t во всех почвах равен 0.1-0.2, что свидетельствует о стабильном функционировании микробных сообществ петроземов в условиях гольцовых пустынь.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 19-34-90025_Аспиранты).

МОНИТОРИНГ УСТОЙЧИВОСТИ РОССИЙСКИХ ШТАММОВ *HELMINTHOSPORIUM SOLANI* К ТИАБЕНДАЗОЛУ

***Еланский Сергей Николаевич*^{1,3}, *Кутузова Ирина Алексеевна*²,
*Перцев Андрей Сергеевич*³, *Чудинова Елена Михайловна*³**

¹ *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
биологический факультет*

² *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
факультет почвоведения*

³ *Российский университет дружбы народов,
Аграрно-технологический институт,
Москва, Россия.*

e-mail: snelansky@gmail.com

Helminthosporium solani Durieu & Montagne – почвенный гриб, способный как к сапротрофному, так и к паразитическому образу жизни. Он является возбудителем «серебристой парши» – одного из самых распространенных заболеваний картофеля. На пораженных клубнях наблюдаются отслоения перидермы, которые выглядят как серебристые пятна на кожуре картофеля. Наибольший урон урожаю картофеля причиняет *H. solani* при хранении. Из-за увеличения потери воды клубни сильно теряют в весе, становятся дряблыми. Если использовать такие клубни в качестве посадочного материала, то растения из этих клубней вырастают ослабленными, неспособными дать полноценный урожай. В связи с возникновением спроса на мытый картофель, торговые сети большое внимание уделяют внешнему виду картофеля. Серебристая парша значительно снижает эстетичность клубней, особенно заметны поражения на клубнях красных сортов картофеля.

Для борьбы с *H. solani* применяются фунгицидные препараты. Самым популярным фунгицидом для контроля *H. solani* является тиабендазол. Этот фунгицид хорошо защищает клубни картофеля от грибных инфекций и прост в применении. Он входит в состав пирогенных пестицидов (поджигаемых дымовых шашек), которыми удобно обрабатывать клубни в хранилище. К сожалению, при длительном использова-

нии препаратов с тиабендазолом появляются устойчивые штаммы *H. solani*.

В работе исследовали естественно зараженные образцы клубней картофеля из Дальневосточной (Магаданской области и Приморского края) и Европейской части России (Московской, Костромской, Калужской, Владимирской, Брянской, Костромской областей, Чувашской республики), собранные в 2013-2018 годах на коммерческих картофельных полях. Всего было проанализировано 37 штаммов.

Выделение штаммов *H. solani* в чистые культуры, экстракцию ДНК, проведение ПЦР, экстракцию ампликонов из геля, секвенирование, выполняли как описано в Kutuzova et al., 2017. Оценку устойчивости к тиабендазолу проводили на питательной среде, содержащей фунгицид в разных концентрациях. Оценивали рост штаммов на среде с фунгицидом относительно бесфунгицидного контроля. Для каждого штамма оценивали показатель EC_{50} , т.е. концентрацию тиабендазола в среде, которая приводила к замедлению радиального прироста колонии в 2 раза относительно контроля.

Мутации в гене β -тубулина не были обнаружены у 30 протестированных штаммов из европейских и дальневосточных регионов России. Все эти штаммы были чувствительны к тиабендазолу ($EC_{50} < 8,5$ мг/л). Их последовательности гена β -тубулина были одинаковыми и соответствовали последовательности GenBank Y10670 для штаммов, чувствительных к тиабендазолу (McKay and Cooke, 1997). Мутации в гене β -тубулина были обнаружены у 7 штаммов. Эти штаммы различались по устойчивости к тиабендазолу. Штамм из Московской области H14MCh2 с мутацией в кодоне 200 (замена Phe (TTC) на Tug (TAC)) и штаммы H14MCh24 (Московская обл.), H15KSu10 (Костромская обл.), H18KNp2-1/1 (Калужская обл.) с мутацией в кодоне 198 (замена Glu (GAG) на Gln (CAG)), были высоко устойчивы к тиабендазолу ($EC_{50} > 1000$ мг/л). Устойчивость штаммов, обладающих этими мутациями, к тиабендазолу, была отмечена и другими исследователями (Koenraad et al., 1992; McKay and Cooke, 1997).

Два штамма из Магаданской области (H17MaS 7/5 и H17MaS 11/2) имели мутацию в кодоне 305. Эта ранее не известная мутация не вызывала замещения аминокислот и не повышала устойчивость к фунгициду.

Таким образом, устойчивые к тиабендазолу штаммы с мутациями в гене β -тубулина были обнаружены только в Европейской части России. Штаммы, выделенные из клубней картофеля, выращенных на Дальнем Востоке, были чувствительны к тиабендазолу. Обнаруженные устойчивые штаммы показывают необходимость мониторинга устойчивых к тиабендазолу штаммов в природных популяциях, т.к. их присутствие приводит к резкому снижению эффективности применяемых фунгицидов.

ОБ АЗОТЕ АММОНИЙНОМ В ПОЧВАХ БЕЛАРУСИ

Ересько Марина Анатольевна¹, Клебанович Николай Васильевич²

¹ РУП «Бел НИЦ «Экология», Минск, Республика Беларусь

² Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики, Минск, Республика Беларусь

e-mail: kisa_marina@mail.ru n_klebanovich@inbox.ru

В Республике Беларусь в последние годы сложилась негативная практика проведения контроля в области охраны окружающей среды в части выявления превышений фонового содержания азота аммонийного в почвах промышленных предприятий и привлечения природопользователей к административной ответственности. При этом в 80% выявленных фактов концентрации азота аммонийного в почвах составляли диапазон от 0,13 до 10,0 мг/кг, что является низким и не обеспечивает потребность растений в данном элементе питания.

В период 2016–2018 гг. в разные сезоны нами были проведены экспериментальные исследования с отбором почвенных образцов и оценкой содержания в них аммонийного и нитратного азота, рН, гумуса. Общее количество проб – 300, с глубин 0–5, 5–20 и 40–50 см. Опробованы почвы естественного происхождения (дерново-подзолистые песчаные и супесчаные, автоморфные и заболоченные) и окультуренные (дерново-подзолистые на пахотных землях) санитарно-защитных зон, а также почвы промышленных площадок предприятий Беларуси.

Установлено содержание азота аммонийного на территории промплощадок от величин ниже предела обнаружения (менее 0,1 мг/кг) на участках с очень низким содержанием гумуса (менее 1,0 %) до 32,0 мг/кг, азота нитратного – 0,02–3,6 мг/кг. В почвах санитарно-защитных зон, покрытых лесной растительностью, установлены концентрации азота аммонийного 0,2–49,9 мг/кг, азота нитратного – 0,05–6,7 мг/кг, при этом наибольшие концентрации азота аммонийного как в почвах промышленных площадок, так и санитарно-защитных зон, отмечены в зимний период.

Концентрации форм азота в почвах варьируют в широком диапазоне и обусловлены многочисленными естественными внешними (сезон года, температура, режим увлажнения, морфометрические характеристики земной поверхности) и внутренними (содержание гумуса, степень гидроморфизма, гранулометрический состав) факторами, влияющими на трансформацию органического вещества почв. Поэтому оценивать состояние почв только по одной форме азота (аммонийной) недостаточно и приводит к ошибочным выводам. Требуется одновременно определять концентрации и других форм (например, нитратного), а также иные показатели (рН, содержание гумуса).

ЭФФЕКТ МОБИЛИЗАЦИИ ГЛИФОСАТА В ПОЧВЕ НА ЧИСЛЕННОСТЬ НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГЕНОВ

Железова Алена Дмитриевна¹, Куликова Наталья Александровна²

¹ Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
e-mail: alferrum@mail.ru

Модельный эксперимент был направлен на оценку возможности мобилизации глифосата в дерново-подзолистой, серой лесной почве и черноземе под действием фосфатных удобрений и влияние этого процесса на обилие функциональных генов бактерий. Эксперимент включал в себя 4 варианта в трехкратной повторности: Контроль (внесение дистиллированной воды), МАФ (внесение моноаммонийфосфата), глифосат, глифосат+МАФ. Инкубирование при влажности 60% ППВ осуществляли в два этапа: на первом этапе проводили уравнивание гербицида в почве, на втором – внесение МАФ и оценку высвобождения глифосата под его действием. Для исследованных почв были определены основные агрохимические характеристики и остаточные количества глифосата в течение эксперимента. Для оценки обилия нескольких функциональных генов (*phnJ* α- и γ-протеобактерий, *phoC* и *phoD*) связанных с метаболизмом фосфора в почве и с деградацией глифосата, была использована количественная ПЦР препаратов ДНК из образцов проводили с помощью набора SileksMagNA для почв согласно рекомендациям производителя.

Установлено, что внесение моноаммонийфосфата приводит к мобилизации сорбированного почвой глифосата, наиболее ярко этот эффект проявился на серой лесной почве. В черноземе в вариантах с гербицидом выявлено возрастание содержания гена *phnJ* α-протеобактерий, кодирующего фермент С-Р лиазу, отвечающую за деградацию глифосата по саркозиновому пути. Количество копий генов, кодирующих кислотную и щелочную фосфатазы, не различалось для разных вариантов эксперимента, за исключением вариантов с дерново-подзолистой почвой, где обилие *phoC* возрастало в вариантах с глифосатом. Показано наличие значимой обратной корреляционной взаимосвязи ($r = -0.97$) между остаточной концентрацией глифосата и количеством генов бактериальной 16S рРНК.

НОВЫЕ ШТАММЫ ЭВРИАРХЕЙ, ГИДРОЛИЗУЮЩИЕ ПРИРОДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ СОЛЕННОСТИ

Захарычева Алиса Павловна

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
e-mail: alice-keytown@ya.ru*

Гиперсоленые местообитания - солончаки и засоленные озера с концентрацией соли, близкой к насыщению - обычно населены галоархеями, которые представляют экстремально галофильную ветвь филума Euryarchaeota, и бактериями. По своему образу жизни галоархеи чаще всего являются аэробными гетеротрофами, за исключением нескольких факультативных анаэробов. Известно, что они способны использовать простые растворимые органические мономеры; некоторые виды архей способны гидролизовать такие полимеры как крахмал, белки и оливковое масло. Тем не менее, утилизация нерастворимых органических полимеров в процессе минерализации еще не была рассмотрена, и эта функция в гиперсоленых средах обитания обычно приписывается галофильным бактериям.

Целью данного исследования является изучение фенотипических и генотипических свойств 9 штаммов экстремальных галоархей, выделенных из гиперсоленых местообитаний на полимерных субстратах – хитине и целлюлозе. Филогенетический анализ по 16S РНК выявил, что штаммы могут потенциально являться новыми видами, принадлежащими к разным семействам класса Halobacteria. Применение метода мультисубстратного анализа показало, что штаммы, потребляющие хитин (HArchtl-1, HArchtl-1, HArchtl-1, HArchtl-1, HArchtl-1, HArchtl-1, HArchtl-1) используют мелицитозу, дектрозу и трегалозу в качестве субстрата, а штаммы, выделенные на целлюлозе (HArcl2, HArcl3, HArclEu1, HArclEu2) – галактозу, раффинозу, маннозу и лактозу. Общими для всех штаммов были субстраты глюкоза, мальтоза и сахароза. При изучении потребления штаммами природных полимеров было выявлено, что хитинолитики HArchtl-1, HArchtl-1, HArchtl-1 используют курдлан и ламинарин, а целлюлолитики HArcl2 и HArcl3 – гликан, арабиноксилан и ламинарин.

Полученные результаты доказывают, что галофильные археи могут играть значительную роль в аэробном разложении нерастворимых природных полимеров в экстремально соленых местообитаниях.

МАТРИЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЧВЫ ПО ОБРАЗУ И ПОДОБИЮ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА

Зубкова Татьяна Александровна

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия*

E-mail: dusy.taz@mail.ru

Матричная организация почвы позволяет проследить взаимодействие частиц разных структурных уровней и установить закономерности передачи информации о молекулярных контактах на агрегатный макроуровень, причем, структурные параметры почвы регулируют направленность этого процесса: при «минимальном» межчастичном контактировании они являются барьером, при «максимальном» – наблюдается трансляция молекулярных взаимодействий на свойства агрегатов. Сравнение молекулярных механизмов в почвах и биологических системах, позволяет найти определенные параллели. По аналогии с генами в живой клетке единицами информации молекулярных свойств почвы могут быть активные центры и кластеры минеральной матрицы. В черноземах кислотных центров в 3-4 раза больше, чем основных; в дерново-подзолистых почвах минеральная матрица представлена только кислотными центрами. Принцип комплементарности лежит в основе специфических явлений не только в биологической среде, но и в неживой природе (донорно-акцепторные или кислотно-основные взаимодействия). Матричный структурный эффект проявляется в наследовании органоминеральной матрицей структурных параметров исходной минеральной матрицы. Например, удельная поверхность и плотность матричного гумуса пропорциональна этим же свойствам минеральной матрицы, поверхностная концентрация гумуса находится в обратно пропорциональной зависимости. Наряду с ферментами и иммобилизованными ферментами в почве также функционирует система абиотических катализаторов – это оксиды Fe и Mn, глинистые минералы и др. Матрица определяет компартментацию веществ в почве и образование гелей. Почва, формируясь из породы, приобретает особую многоуровневую структуру. Из смеси минералов и обломков породы она превращается в организованное специфическое тело с определенной компартментацией вещества, где роль мембраны играет матрица, органоидов – активные центры и кластеры. Компартментация на молекулярном уровне приводит к сегрегации на морфологическом уровне – это белоглазка, орштейны, гумоны, новообразования гипса. Компартментация просматривается и в распределении микроорганизмов на почвенной матрице.

ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЧВЫ

Зейрук Владимир Николаевич, Васильева Светлана Викторовна

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха», Москва, Россия

E-mail: vzeyruk@mail.ru

Были исследованы микробиологические процессы в дерново-подзолистых почвах севооборотов с различным насыщением картофелем. Для изучения динамики изменения микробиологических свойств почвы в течение вегетации проводили отбор почвенных образцов, которые в дальнейшем анализировали на состав почвенной микробиоты по методикам, предложенным В.И. Штатновым (1956), Т.В. Зимогладовой и др. (2000). При изучении биологической активности почвы установлено, что минимальное количество бактерий наблюдается в начале периода вегетации – 6,7 млн. КОЕ /1 г абсолютно сухой почвы, затем возрастает до 21,0 млн. к середине периода вегетации и к началу августа уменьшается до 15,3 млн., в том числе аммонификаторов 1,2 – 6,1; 1,8 – 8,7 и 2,6 – 17,5 млн. КОЕ/г соответственно и стрептомицетов до 1,4 – 2,2 млн. КОЕ/г. Максимальное общее количество бактерий на крахмально-аммиачной среде содержится в звене картофель – овёс + горох – картофель, минимальное при бессменной культуре. Концентрация аммонификаторов в ризосфере растений была выше на 3-й год ротации, чем при бессменной культуре, особенно после овса и овса с горохом (однолетних трав). Количество клетчаткорасщепляющих бактерий было значительно ниже аэробных аммонификаторов во всех полях севооборота. При бессменной культуре численность клетчаткорасщепляющих микроорганизмов была больше в ризосфере больных, чем здоровых растений.

При сравнительном изучении фона микробиоты почвы и ризосферы определено, что в ризосфере растений картофеля происходит увеличение количества бактерий, стрептомицетов и уменьшение числа грибов. Отмечена самая высокая активность родов *Acremonium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Verticillium* и *Cladosporium*.

Бессменная культура картофеля на второй и третий год ротации увеличивает концентрацию стрептомицетов. Содержание их в почве (фон) превышает их количество в ризосфере. Специализированный севооборот при 25% насыщении картофелем снизил инфекционную нагрузку парши обыкновенной в 3,7 раза, а ризоктониоза в 2 раза.

Литература

1. Великанов Л.Л., Сидорова И.И., Успенская Г.Д. Полевая практика по экологии грибов и лишайников. - М.: Изд-во МГУ, 1980. 111 с.

2. *Barnett H.L., Barry B. Hunter. Illustrated genera of imperfect Fungi. – Minnesota, 1972. 209 P.*

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА В ХОДЕ ЭКОГЕНЕЗА ПОЧВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

***Иванова Екатерина Андреевна¹, Першина Елизавета Владимировна²,
Андронов Евгений Евгеньевич^{1,2}, Абакумов Евгений Васильевич²***

¹ Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, биологический факультет, Санкт-Петербург, Россия
e-mail: ektrnivanova@gmail.com

Использование современных подходов метагеномики, позволяющих оценить разнообразие том числе и некультивируемых форм микроорганизмов, к анализу почвенных хроносери, в которых динамику почвообразования можно наблюдать в рамках определенных временных промежутков, является перспективным с точки зрения выявления взаимосвязи структуры микробного комплекса с почвообразовательным процессом и анализа сопряженной эволюции почвы и ее микробиома. Объектами исследования служили две хроносери подзолистых почв: 1) почвогрунты Малуксинского песчаного карьера – 1-2 года (M1, свежий песчаный литострат), стадии самозарастания – 15-20 лет (M2, дерново-подбур), 30-35 лет (M3, эмбриоподзол) и 70 лет (M4, подзол) и 2) почвы, сформированные на поверхности трансгрессионных валов оз. Ладога (Нижнесвирский заповедник), возрастом 70 лет (P4), 135 лет (P3), 455 лет (P2) и 1590 лет (P1).

Был проведен интегральный анализ биоразнообразия с выделением корового (специфического микробиома), присутствующего на всех стадиях почвообразовательного процесса, и проведена оценка динамики микробиома по отдельным фенотипам по мере эволюции почвенного профиля, встречающихся на всех стадиях почвообразовательного процесса. Было определено количество фило типов, наиболее характерных для каждой стадии экогенеза, при этом большая часть фило типов демонстрировали последовательные переходы между двумя или тремя стадиями почвообразовательного процесса. Были выявлены таксоны, формирующие микробный портрет верхних (органических), средних и нижних минеральных горизонтов. Показано, что как возраст почвы, так и физико-химические параметры почвенных горизонтов оказывают определенное влияние на состав почвенного микробиома. При этом с возрастом существенно увеличивается разница между микробиомами поверхностных и приповерхностных горизонтов с минеральными (иллювиальными).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 17-16-01030.

ВЛИЯНИЕ ТРАВЯНИСТОГО ПОКРОВА ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ НА МИКРОБНУЮ БИОМАССУ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Квиткина Анна Константиновна¹, Смирнов Николай Сергеевич²

¹ *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, Россия*

² *Печоро-Ильчский государственный заповедник,
респ. Коми, пос. Якшиа, Россия
e-mail: aqvia@mail.ru, pechilzapnauka@gmail.com*

Травянистые растения напочвенного покрова лесов влияют на биологические и химические свойства почвы через выделение ризодепозитов, опад и разложение фитомассы, и биологический круговорот. Цель работы заключалась в изучении связи видового состава растительных сообществ с микробной активностью и химическим составом верхнего горизонта почв в пяти сообществах пихто-ельников с кедром и березой Печоро-Ильчского заповедника (с помощью NMS-анализа). Исследования проводились в предгорной части заповедника, в нижнем течении малой реки Большая Порожня (приток р. Печоры), 62-63°с.ш., 58-59° в.д, 250-400 м над ур.м., в пихто-ельниках с кедром и березой (далее «ельник»). В результате выделили группу сообществ с высокой микробной биомассой (мелкотравно-зеленомошный и бореально-высокотравный ельник) и низкой микробной биомассой (кустарничково-долгомошный, чернично-зеленомошный, крупнопоротниковый ельник). Высокая биологическая активность почвы оказалась приурочена к сообществам с большим числом видов травянистого покрова. Увеличение микробной биомассы приурочено к видам бореального высокотравья (*Aconitum septentrionale* Koelle, *Crepis paludosa* (L.) Moench, *Rubus saxatilis* L., *Thalictrum minus* L., *Valeriana officinalis* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Geranium sylvaticum* L.), а также видам, встречающимся и в других сообществах (*Geranium albiflorum* Ledeb., *Paris quadrifolia* L.). К этим же видам травянистого покрова тяготело увеличение рН почвы, содержание в почве кальция, магния и серы, и, одновременно, наблюдалось уменьшение содержания в почве кремния и титана. Зато содержание кремния и титана увеличивалось в долгомошных и зеленомошных сообществах. Увеличение содержание калия в почве происходило по направлению к крупнопоротниковому и бореально-высокотравному сообществам. Таким образом, содержание микробной биомассы, серы, кальция, магния, рН увеличиваются вместе с количеством видом травянистого покрова в направлении бореального высокотравья.

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

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ БИОДИАГНОСТИКИ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ КРЫМА

Коба Владимир Петрович, Сахно Татьяна Михайловна

ФГБУН «НБС-ННЦ», Ялта, Россия

e-mail: sahno_tanya@mail.ru

В последние десятилетия землепользование на территории Крыма претерпело значительные изменения, которые связаны с появлением новых форм собственности сельскохозяйственных предприятий, их специализации в возделывании отдельных видов культур. Произошло значительное уменьшение площади виноградников и садов, перевод освоенных плантажированных земель в севообороты. Все это в той или иной степени оказало влияние на динамику плодородия и эродированности пахотных земель полуострова. Проблема восстановления плодородия почв становится все более актуальной также в связи с отрицательным балансом органического вещества в земледелии. Важными диагностическими признаками эродированных почв, определяющими их свойства и уровень плодородия, являются содержание органического вещества и процессы его трансформации. Сокращение поголовья домашних животных в регионе негативно повлияло на объемы внесения органического вещества в обрабатываемые почвы. Органическое вещество почвы определяется совокупностью биомассы, растительных остатков, микроорганизмов и животных различной степени разложения, продуктов их метаболизма и гумуса. Общее количество микроорганизмов, принимающих непосредственное участие в процессе трансформации биомассы органических остатков, определяют в качестве индикатора уровня плодородия почвы и степени ее эродированности. Биодиагностика эродированных почв позволяет оценить их биологическую активность и выявить негативные последствия антропогенного воздействия.

Деградированные почвы являются материальным выражением нерациональной эксплуатации почвенных ресурсов. В ситуации несоответствия агротехнических приемов обработки почвы экологической оптимальности эксплуатации земельных ресурсов региона значительно усиливаются негативные тенденции трансформации пахотных земель в результате увеличения плоскостного смыва, линейной эрозии, дефляции и различных других видов деструктивных процессов, что приводит к деградации почвенного профиля, снижению его качественных характеристик, изначальной природной мощности.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №19-29-05244.

БИОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ БАКТЕРИЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В ОТНОШЕНИИ ВЕЩЕСТВА КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Козлов Андрей Владимирович

*Нижегородский государственный педагогический университет
имени Козьмы Минина, Нижний Новгород, Россия
e-mail: a_v_kozlov@mail.ru*

Несмотря на значительное количество соединений кремния в составе минеральных матриц почвенного покрова микробная деградация кремнийсодержащих соединений является одним из малоизученных аспектов почвенной микробиологии.

Исследования проводились на базе научно-образовательного центра «Биотехнология» Мининского университета. Для постановки опыта выделялся ряд накопительных бактериальных культур аммонифицирующей (на пептонной воде) и целлюлозолитической (на жидком варианте среды Гетчинсона-Клейтона) функций из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы естественного биогеоценоза, которыми впоследствии аспетически заселяли стерильные высококремнистые породы – диатомит, цеолит и бентонитовую глину. Инкубацию проводили в течение 30 дней ($t + 26^{\circ}\text{C}$), в течение которых проводили замеры содержимого колб, в том числе, содержание водорастворимых соединений кремния и накопление в культуральной жидкости протеаз и целлюлаз.

Установлено, что у обеих групп бактерий повышалась активность выделения ферментов в питательный субстрат при наличии в нем вещества рассматриваемых материалов. В частности, по протеазной активности в опыте с диатомитом пик активности приходился на 12-ый день и составлял $26,90 \pm 0,03$ мг глицина/мл суспензии, в опыте с цеолитом – на 10-ый день $14,86 \pm 0,04$ мг глицина/мл, в опыте с бентонитом – на 20-ый день $41,00 \pm 0,06$ мг глицина/мл. В отношении активности продуцирования целлюлаз наблюдалась схожая закономерность – при деградации бентонитовой глины активность составляла $56,20 \pm 0,06$ мкг глюкозы/мл, диатомита – $39,90 \pm 0,05$, цеолита – $30,43 \pm 0,02$.

Активность высвобождения в растворимое состояние соединений кремния была выше у культуры аммонифицирующих бактерий, чем у культуры целлюлозолитиков, которая составляла до $207,5$ мг/мл в опыте с диатомовой породой, до $226,3$ мг/мл – в опыте с цеолитом и до $288,6$ мг/мл – в опыте с бентонитом.

Продуцирование ферментов культуральной жидкостью изученных бактерий способствует высвобождению в нее растворимых форм кремния.

МИКРОМИЦЕТЫ В СООБЩЕСТВАХ ФОТИЧЕСКИХ ЗОН ПЕЩЕР ЧЕРНОГОРИИ

Козлова Екатерина Витальевна¹, Мазина Светлана Евгеньевна^{1,2}

¹ Российский университет дружбы народов, экологический факультет,

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет,

Москва, Россия

e-mail: ekaterina.vi.ko@gmail.com, conophytum@mail.ru

Подземные полости представляют из себя уникальные местообитания со стабильным микроклиматом. Входные зоны имеют градиенты физических, биологических и структурных изменений, что определяет их как экотоны. Породы, в которых заложена полость, минеральные формирования и глинистые отложения служат субстратом для заселения микромицетами. Состав микобиоты входных экотонных зон пещер практически не изучен. Целью работы было выявление видового состава и вклада микромицетов в эмиссию углерода сообществ входных зон пещер Черногории.

Объектами исследования были сообщества входных зон семи пещер Черногории, фототрофная и гетеротрофная компоненты на известняке, кальците, глинистых отложениях разной мощности на известняке и кальците. Расчет величины потоков CO₂ проводили с поверхности всех субстратов и сообществ фототрофов камерным методом. Биомассу грибов и бактерий определяли микроскопическим методом на 1 г сухого грунта.

В пещерах в фотических зонах выделен 51 вид микромицетов: 47 видов в составе сообществ фототрофов, 10 видов в воздухе, 15 видов на субстратах. Доминировали виды *Cladosporium oxysporum*, *M. racemosus* f. *racemosus* и *Rhizopus stolonifer*. Масса микромицетов на известняке и кальците составляла 0,002 мг/г, на глинистых отложениях 0,122-0,127 мг/г, а в сообществах фототрофов варьировала в зависимости от типа сообщества, достигая 0,065 мг/г в сообществах с доминированием многообразных. Биомасса бактерий не превышала 0,0031 мг/г, таким образом, в субстрате доминировали микромицеты. Дыхание фототрофов изменялось в широких пределах: от 0,1 до 1,6 гСм⁻¹сут⁻¹, при этом дыхание гетеротрофов составляло от 13 до 30% от общего дыхания сообществ с доминированием фототрофов и варьировало от 0,02 до 0,98 г С м⁻¹сут⁻¹. Обнаружено, что корреляция между интенсивностью эмиссии и влажностью грунта составляет R=0,81 (p≤0,5) n=300, влажность грунта не достигает абсолютной.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЦР ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ РИЗОКТОНИОЗА В РАСТИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ

Кокаева Людмила Юрьевна^{1,2}, *Ярмеева Мария Маратовна*¹,
*Зейрук Владимир Николаевич*², *Еланский Сергей Николаевич*¹

¹ *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, Москва, Россия.*

² *Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха, Московская область, Россия.*

E-mail: kokaeval@gmail.com

Почвообитающий гриб *Rhizoctonia solani* вызывает заболевание клубней картофеля – ризоктониоз. Заболевание проявляется в виде черных склероциев на поверхности клубня (парша), углубленной (ямчатой) пятнистости и сетчатого некроза клубней, загнивания глазков и ростков, отмирания столонов и корней, а также в виде сухой гнили подземной части стебля в виде коричневых язв различной величины и «белой ножки» стеблей. Высокая вариабельность патогена позволяет ему адаптироваться к поражению разных сортов и даже видов растений, а также к применяемым против него фунгицидам.

Внутри вида *R. solani* выделяют 13 анастомозных групп (АГ). Поражение картофеля и томата вызывают преимущественно представители группы АГ-3. Принадлежность к анастомозной группе определяют методом попарного сращивания с тестерными штаммами, по сиквенсу последовательности ITS, а также с помощью специфичных ПЦР праймеров. В нашей работе последовательности ITS были определены у 58 штаммов, выделенных из клубней, собранных в разных регионах России, а также из импортированного немецкого картофеля. Были выявлены 2 штамма из клубней картофеля, выросших в Смоленской и Московской областях, принадлежащие к группе АГ-5. Эти штаммы отличались высокой агрессивностью к картофелю и устойчивостью к пенцикуруну. Все остальные изученные штаммы с клубней картофеля принадлежали к группе АГ-3.

ДНК части изученных с помощью секвенирования ITS штаммов также амплифицировали со специфичными для группы АГ-3 праймерами RT1 GTTTGGTTGTAGCTGGTCT-3' и RT2 CTGAGATCCAGСТААТАС-3' (Keiser, 2007). Продукт ПЦР-амплификации имел длину около 400 п.н., наличие фрагмента на электрофореграмме позволяло отнести штамм к группе АГ-3. Результаты ПЦР-анализа полностью совпали с анализом, проводимым с помощью секвенирования. Амплификация продукта ожидаемого размера была также обнаружена у ДНК, выделенной из ткани картофеля с низким уровнем (менее 1 склероциев на см²) и высоким уровнем (10 и более склероциев на см²). Данный метод может быть использован для успеш-

ной детекции возбудителя ризиктониоза картофеля, принадлежащего к группе АГ-3, из тканей клубня без выделения чистых культур.

ПОСЛЕДНИЙ АДРЕС: ПАМЯТИ РЕПРЕССИРОВАННЫХ МИКРОБИОЛОГОВ

Колотилова Наталья Николаевна

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Москва, Россия,
e-mail: kolotilovan@mail.ru*

Одной из форм увековечивания памяти о жертвах сталинских репрессий стала проводимая обществом «Мемориал» акция «Последний адрес» – установка памятных табличек на домах, в которых жили эти люди до ареста и откуда были уведены в последний раз. В течение последнего года по инициативе кафедры микробиологии МГУ и Российского микробиологического общества состоялись три мероприятия «Последний адрес», посвященные крупным репрессированным микробиологам. Так, 9.12.2018 г. памятный знак был установлен на доме по адресу: Решиков пер. д. 1 (сегодня Каменная Слобода д. 2/1), где в последние годы жизни жил Е.Е. Успенский (арестован 24.02. 1938 г., расстрелян 4.10.1938 г., реабилитирован в 1956 г.). Затем 2.06. 2019 г. памятный знак был установлен на месте дома (по адресу Дурновский пер. д. 1), где жил Г.А. Надсон (арестован 29.10.1937 г., расстрелян 14.04.1939 г.; реабилитирован в 1955 г.), знак установлен на здании, расположенном на углу Композиторской улицы и Трубниковского переулка. Наконец, 29.09.2019 г. памятный знак был установлен на месте дома по адресу Большая Коммунистическая ул. д. 36 (сегодня ул. Солженицына 36), где жил Г.К. Бургвиц (арестован 29.10.1938 г., расстрелян 28.08.1938, реабилитирован в 1955 г.). Имена этих ученых хорошо известны. Евгений Евгеньевич Успенский (1889-1938) – профессор, основатель кафедры микробиологии Московского университета, создатель журнала «Микробиология». Важным вкладом его в развитие почвенной микробиологии была разработка и широкое использование метода оценки потребности почв в удобрениях с помощью индикаторных микроорганизмов, прежде всего азотобактера. Отметим, что почти одновременно с ним также был арестован и сослан в Казахстан крупный почвенный микробиолог Давид Моисеевич Новогрудский (1898-1953; повторно арестован 10 января 1951 г., реабилитирован в 1956 г.).

Георгий Адамович Надсон (1867-1939) – академик, основатель Института микробиологии АН СССР (РАН), является не только одним из основоположников генетики микроорганизмов, пионером в области изучения радиационного мутагенеза, но и автором одной из первых (1903) фундаментальных работ по геологической микробиологии. Работы Георгия Константиновича Бургвица (1889 – 1938), ученика и помощ-

ника Г.А. Надсона, посвящены вопросам фитопатологии, почвенной микробиологии и биотехнологии.

ОПОРТУНИСТИЧЕСКИЕ ГРИБЫ В ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВЫБРОСАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Корнейкова Мария Владимировна

*ФГБУН Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное
подразделение ФИЦ КНЦ РАН, Анапты, Россия
e-mail: korneykova.maria@mail.ru*

Человек в течение жизни находится в постоянном контакте с микроскопическими грибами, которые присутствуют повсюду в окружающей среде. Особую опасность представляют грибы, относящиеся к группе оппортунистических (ОГ). В связи с ростом количества микотических и аллергических заболеваний у жителей северных регионов, мониторинг грибов этой группы очень актуален, особенно в районах с интенсивным развитием промышленности. Целью данной работы было изучение видового разнообразия и структуры сообществ ОГ в промышленно загрязненных почвах Кольского полуострова, а также определение степени вирулентности штаммов на основе протеазной, фосфолипазной активности и способности к росту на температура 37°C. Всего в загрязненных почвах Кольского полуострова было выделено 39 видов грибов (из 22 родов), относящихся к условно-патогенным. Большинство из них принадлежало родам *Penicillium* и *Aspergillus*. Доля ОГ в почвах, загрязненных выбросами как алюминиевого, так и медно-никелевого комбинатов, увеличилась на 15% по сравнению с фоновыми почвами. Такие виды, как *Acremonium rutilum*, *Aspergillus fumigatus*, *Aureobasidium pullulans*, *Penicillium aurantiogriseum*, *P. canescens*, *P. simplicissimum*, *Rhizopus stolonifer* и *Trichoderma viride*, были обнаружены в почвах при всех типах загрязнения. Отмечена тенденция к усилению патогенных свойств штаммов, выделенных из загрязненных почв. 55% исследованных штаммов грибов, выделенных из почв, загрязненных выбросами промышленных предприятий, обладали патогенными свойствами по сравнению со штаммами того же вида, выделенными из незагрязненной почвы (25%). 7 штаммов грибов, выделенных из почв, загрязненных выбросами алюминиевого завода (*Amorphotheca resinae*, *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *Paecilomyces variotii*, *Penicillium commune*, *P. purpurogenum*, *Trichoderma viride*), и 5 штаммов, выделенных из почв, загрязненных выбросами медно-никелевого завода (*Penicillium aurantiogriseum*, *P. glabrum*, *P. janthinellum*, *P. lanosoviride*, *Rhizopus nigricans*), были наиболее опасными для человека, т.к. проявляли все исследованные факторы потенциальной патогенности.

ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ БАКТЕРИЙ РИЗОСФЕРЫ НЕКОТРЫХ РАСТЕНИЙ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

**Кочкарова Севара Ахмеджанова¹,
Бегматов Шахжахон Абдуллаевич², Селицкая Ольга Валентиновна²,
Зиновьева Ольга Викторовна²**

¹ Каракалпакский государственный университет им. Бердаха,
факультет биологии, Нукус, Узбекистан

² РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева,
факультет почвоведения, агрохимии и экологии, Москва, Россия
e-mail: olga.azizova98@gmail.com

Высшие растения играют ключевую роль в формировании микробных сообществ почвы и процессах почвообразования. Причем в экстремальных условиях обитания роль микробно-растительных взаимодействий возрастает.

Образцы засоленных почв были отобраны по стандартной методике из ризосферы 12 разных растений, обитающих на засоленных почвах Аральского моря. Результаты исследования показали, что наибольшая численность аммонифицирующих бактерий (на среде МПА) зафиксирована в ризосфере климакоптеры аральской (*Climacoptera aralensis* L.) - от $4,00 \times 10^8$ до $2,03 \times 10^9$ КОЕ/г (в зависимости от условий увлажнения). Минимальное значение численности аммонификаторов отмечено под эфедрой (*Ephedra* L.) - в среднем $3,20 \times 10^8$ КОЕ/г. Наибольшее количество азотфиксаторов на среде с маннитом выявлено в ризосфере таких растений как: дымянка (*Fumaria officinalis* L.) $8,50 \times 10^8$ КОЕ/г; эфедра $7,80 \times 10^8$ КОЕ/г, донник (*Melilotus* L.) $8,00 \times 10^8$ КОЕ/г, амсония (*Amsonia* L.) $8,10 \times 10^8$ КОЕ/г. Численность азотфиксаторов, растущих на среде с сахарозой, была значительно ниже, чем на среде с маннитом, и составила в ризосфере солянки (*Salsola richteri* L.) - $1,64 \times 10^7$ КОЕ/г; дерезы русской (*Solanaceae* Juss L.) $1,35 \times 10^7$ КОЕ/г; амсонии - $8,00 \times 10^6$ КОЕ/г. Благоприятные условия, для развития актиномицетов создаются, вероятно, в ризосфере более солеустойчивых растений, таких как дымянка (*Fumaria officinalis* L.) $8,60 \times 10^6$ КОЕ/г и солянка $1,45 \times 10^7$ КОЕ/г.

Исследование биоразнообразия микробных сообществ позволяет более подробно разработать методы для моделирования сукцессионных процессов растительного покрова на обсохшем дне Аральского моря в связи с изменением климата.

МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОКАРИОТНОГО КОМПЛЕКСА ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ

Ксенофонтова Наталья Андреевна

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
e-mail: natali9020010@mail.ru*

В современном мире одним из самых распространенных загрязнителей окружающей среды являются нефтепродукты. Нефтяное загрязнение почв приводит к снижению дыхательной активности, ингибированию азотфиксации, остаточному накоплению наиболее трудно разлагаемых фракций нефти, оказывающих токсическое действие. Исправить данное явление достаточно трудно - это связано со сложностью строения углеводородов. Микробиологические показатели являются точным индикатором состояния системы, они наиболее быстро реагируют на появление поллютанта: происходит смена доминирующих групп в пользу тех организмов, которые способны к окислению углеводородов.

Целью работы являлась оценка биологического разнообразия и экологических функций метаболически активных прокариотных сообществ почв, загрязненных нефтью. Объектами исследования были торфа из Сибири с разной степенью загрязненности нефтепродуктами: болотный олиготрофный грядово-мочажинный комплекс (ГМК) и олиготрофное сосново-кустарничково-сфагновое болото. Проводилось выделение ДНК с использованием набора фирмы MPBio с последующим ПЦР-*real time* на количество копий генов бактерий и архей, а также ПЦР анализ на функциональные гены *bssA/nmsA* и *alkB*, отвечающие за деструкцию сложных углеводородов, и дальнейшим секвенированием на секвенаторе Illumina и расшифровкой данных с помощью программы Silva.

По результатам ПЦР-*real time* наибольшая численность рибосомальных генов на грамм сухой почвы в ГМК выше в образцах чистого фона, однако в образцах олиготрофного болота численность копий генов бактерий выше в образце, сильно загрязненном нефтепродуктами. Данное явление связано с наличием в загрязненном образце бактерий-деструкторов сложных углеводородов. По данным ПЦР на функциональные гены, отмечается высокое содержание гена *BssA/nmsA* в образцах сильно загрязненного нефтью торфа, что связано с деятельностью бактерий деструкторов, ген *alkB* также содержится в нефтезагрязненных образцах, что говорит об идущем там разложении алканов. По результатам анализа таксономической структуры в контроле олиготрофного болота доминантами являются *Proteobacteria* и *Acidobacteria* (по 25%), *Verrucomicrobia* и *Actinobacteria*. В торфе, загрязненном нефтью, происходит смена доминант: 50% от общего числа занимает *Proteobacteria*.

ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ ОТ ПИТИОЗНОЙ ГНИЛИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

**Кузнецова Мария Алексеевна, Рогожин Александр Николаевич,
Сметанина Татьяна Ивановна, Демидова Валентина Николаевна**

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,

Большие Вяземы, Россия

e-mail: mari.kuznetsova@gmail.com

В последние годы в России наблюдается тенденция к увеличению доли *Pythium* в составе ценозов грибов, вызывающих корневые гнили многих сельскохозяйственных культур. На картофеле питиум чаще всего проявляется в виде раневой водянистой гнили клубней. В последние несколько лет, особенно в годы с жарким летом, в партиях, поступающих на анализ клубней во ВНИИФ, а также в другие независимые лаборатории стали все чаще отмечать проявление этой болезни. Однако данных о влиянии почвенной инфекции *Pythium* на рост и развитие растений картофеля в период вегетации в литературе отсутствуют.

Цель настоящей работы - получение экспериментальных данных о влиянии возб. *Pythium ultimum*, внесенного в почву перед посадкой клубней на рост и развитие растений, а также определение эффективности препарата Юниформ (азоксистробин + мефеноксам), внесенного в почву при посадке клубней на снижение вредоносности патогена.

Опыт проводили в теплице на искусственном инфекционном фоне на двух сортах картофеля: Лорх (среднепоздний) и ВР-808 (среднеранний). Клубни сорта Лорх - без предварительной яровизации; клубни сорта ВР-808, прошедшие в течение 3 недель яровизацию.

Варианты опыта:

- 1: Внесение в почву суспензии *Pythium ultimum*.
- 2: Внесение в почву *Pythium ultimum* + внесение препарата Юниформ.
- 3: Контроль (внесение в почву дистиллированной воды).

В ходе проведенных исследований было установлено, что *Pythium* оказывает негативное влияние на развитие растений картофеля, вызывая значительное поражение корневой системы. Наибольший отрицательный эффект был отмечен на сорте Лорх, клубни которого были высажены без предварительного проращивания. Внесение Юниформа перед посадкой клубней позволило сдерживать развитие *Pythium*, а также положительно влияло на рост и развитие растений картофеля, что позволило получить максимальную прибавку урожая.

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ПОЧВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ: КОЛЛЕМБОЛЫ НА ПОЛЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

*Кузнецова Наталья Александровна, Антипова Мария Дмитриевна,
Бокова Анна Ивановна, Панина Ксения Сергеевна,
Потапов Михаил Борисович*

*Московский педагогический государственный университет,
Институт биологии и химии, Москва, Россия
e-mail: mpnk@yandex.ru*

В инновационных технологиях земледелия значительное место занимают направления, связанные с его экологизацией, ориентированные на поддержание естественного плодородия сельскохозяйственных почв. Коллембол традиционно рассматривают как одну из репрезентативных групп при изучении эффектов применения различных агротехнических приемов для почвенной биоты.

В задачи работы входила оценка основных параметров населения коллембол на полях озимой пшеницы с тремя вариантами агротехники: 1) отсутствие минеральных удобрений при наличии пахоты с оборотом пласта, 2) отсутствие, как минеральных удобрений, так и пахоты, 3) применение и минеральных удобрений, и пахоты. Учеты проводили в июле 2019 г. на полях ЭкоНива-АПК Холдинга и ООО АТП «Живой источник» в Калужской области. Образцы, площадью 8 кв. см, отбирали с помощью бура до глубины 20 см. Учетная серия охватывала разные пространственные масштабы и включала 81 образец.

Предварительные результаты показали, что при всех приемах современной агротехники коллемболы были достаточно разнообразны (около 20-30 видов) и многочисленны (первые десятки тысяч экземпляров на 1 кв. м). Однако на полях с минеральными удобрениями и пахотой было выражено сверхдоминирование одного из видов (*Sphaeridia pumilis*), достигавшее 74% от общей численности. Наибольшее видовое разнообразие на этих полях сохраняло сем. Tullbergiidae, которое представлено в основном глубокопочвенными формами. На полях, где пахота отсутствовала и минеральные удобрения не применяли, был многочислен один из наиболее чувствительных к нарушениям среды видов-специалистов - *Isotomiella minor*.

В целом, результаты показывают высокую адаптивность коллембол к различным агротехническим приемам. Обилие и разнообразие населения в каждом случае поддерживается различными семействами и жизненными формами ногохвосток. Отсутствие пахоты способствует улучшению функциональной структуры населения за счет роста относительного обилия специализированных видов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-516-60002).

АЗОТФИКСАЦИЯ, АССОЦИИРОВАННАЯ С КОРЕЕДОМ-ТИПОГРАФОМ

**Кузнецова Татьяна Александровна¹, Вечерский Максим Валерьевич¹,
Голиченков Максим Владимирович²,
Степаньков Александр Александрович¹**

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН
² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения
Москва, Россия
e-mail: vecherskomy@mail.ru

Насекомые-ксилофаги широко распространены в лесных массивах любых климатических зон. Экология ксилофагов представляет большой интерес, поскольку они потребляют пищу с экстремально низким содержанием доступного азота (до 0,4% общего азота). Этот исключительный феномен принято объяснять симбиотическими отношениями с фитопатогенными грибами (родов *Entomocorticium*, *Ophiostoma*, *Grosmannia*). Показано, что грибы увеличивает содержание азота во флоэме в полтора–два раза. Однако сами грибы не способны увеличивать количество азота в субстрате. Поэтому вопрос снабжения азотом системы гриб–ксилофаг остается открытым.

Нитрогеназная активность и численность диазотрофов были определены в имаго, личинках, буровой муке, материале стенок маточного и личиночного ходов ели, пораженной широко распространенным в Евразии кореедом-типографом (*Ips typographus*). Уровень активности в имаго, личинках и материале ходов была существенной (около 1,6 нмоль $C_2H_4/г \cdot ч$). Причем уровень азотфиксации был максимален на начальном этапе колонизации, и снижался на протяжении месяца. В буровой муке, являющейся продуктом переработки материала хода, нитрогеназная активность практически отсутствовала. Полученные результаты могут говорить о том, что азотфиксаторы входят в сложное бактериально-микотическое сообщество стенок хода, которое разрушается после механического перемалывания и прохождения через кишечник короедов. Это также было подтверждено и результатами учета численности азотфиксаторов. Их количество было велико в материале хода ($7,9 \cdot 10^6$ КОЕ/г), но незначительно в буровой муке ($0,01 \cdot 10^6$ КОЕ/г).

Таким образом, можно предположить, что основная фиксация азота осуществляется не внутри насекомого, а снаружи: благодаря устойчивой ассоциации бактерий-диазотрофов с грибом, накопление азота происходит в бактериально-микотическом сообществе стенок маточных ходов. Личинки ксилофагов потребляют материал хода (луб и бактериально-микотическую биомассу), обогащенную азотом, и получают возможность формировать свои белки и нуклеиновые кислоты.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОНСТРУКТОЗЕМОВ ПАРКА «ЗАРЯДЬЕ»

*Лысак Людмила Вячеславовна, Воробьева Елена Алексеевна,
Горленко Михаил Владимирович, Костина Наталья Викторовна,
Полянская Любовь Максимовна*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
e-mail: lvlysak@mail.ru*

Важной проблемой современной экологии является интенсивная урбанизация территорий. На территории города формируются почвы, существенно отличающиеся от природных по ряду показателей.

Целью нашей работы было определение биологической активности конструкторземов парка «Зарядье», созданного на месте снесенной гостиницы «Москва» и открытого для посещений в сентябре 2017 года. Образцы почвы отбирались летом 2017-2019 годов в трех биотопах: березняк, ельник и сосняк (слои 0-10 и 15-20 см)*. Ферментативная активность (каталаза, дегидрогеназа, инвертаза, уреазы) почв во все сроки отбора образцов была ниже, чем в контроле (ненарушенная дерново-подзолистая почва). При этом показатели были выше в слое 0-10 см и ниже в слое 15-20 см. Суммарная микробная биомасса (мицелий и споры грибов, бактерии, мицелий актиномицетов) увеличилась в течение 3 лет исследования, что говорит о благоприятной динамике развития микробных сообществ. За 3 года увеличилась также минерализационная способность почв, приблизительно в 2-3 раза по сравнению с начальным сроком отбора, что может быть связано с увеличением микробной биомассы. Обнаружены сравнительно низкие значения эмиссии парниковых газов (метан, закись азота). Это свидетельствует о том, что сформировавшиеся за 3 года биоценозы являются слабым источником парниковых газов и не представляют опасности для городских экосистем. Данные, полученные методом МСТ, наряду с классическим методом посева, подтверждают возрастание разнообразия бактериального комплекса исследованных почв. Следует отметить, что все показатели биологической активности в березняке и сосняке были выше, чем в ельнике.

Полученные результаты позволяют говорить о формировании более активного микробного сообщества конструкторзема под березняком и ельником и менее активного под ельником.

* Определение показателей биологической активности почв проводилось студентами в рамках практикума «Современные методы почвенной микробиологии и биохимии».

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ДРОЖЖЕВЫХ ГРИБОВ ПОЧВЫ АМПЕЛОЦЕНОЗА В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

*Магомедова Елена Селимовна¹,
Абдуллабекова Динаханум Абиляевна¹,
Качалкин Алексей Владимирович²*

¹ Прикаспийский институт биологических ресурсов, Махачкала, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
E-mail: dina2407@mail.ru

Почва ампелоценоза имеет большое значение не только в регуляции жизненных процессов виноградного растения, но и отвечает за сохранение и распространение дрожжей, ассоциированных с ним.

Изучение дрожжевого комплекса почвы виноградников в весенний период проводили в Дагестане, где культура возделывается в основном на каштановых почвах в условиях экологической напряженности, обусловленной как аридностью климата, так и антропогенным воздействием.

Пробы отбирали с поверхностного слоя почвы (0-5 см), для выделения дрожжей использовали способ накопительных культур на виноградном сусле и селективной среде для сахаромисетов, посев осуществляли на чашки Петри с глюкозо-пептонно-дрожжевой средой и инкубировали в течение 5-7 суток. Выросшие колонии дрожжей разделяли по морфотипу, видовую идентификацию проводили на основе анализа нуклеотидных последовательностей D1/D2 доменов 26S рДНК.

В результате обнаружено 15 видов, 13 из которых аскомицеты – *Aureobasidium pullulans*, *Arthroascus schoenii*, *Candida glabrata*, *Hanseniaspora uvarum*, *Kregervanrija fluxuum*, *Lachancea thermotolerans*, *Metschnikowia* aff. *pulcherrima*, *Meyerozyma guilliermondii*, *Pichia manshurica*, *Pichia terricola*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspora delbrueckii*, *Zygosaccharomyces rouxii*, среди базидиомицетов выявлены *Filobasidium magnum* и *Vishniacozyma carnescens*.

Выделенные дрожжи для почвы виноградников в большинстве своем являются аллохтонами, весной в результате естественного «круговорота» они способны заселять виноградное растение, где их размножение продолжается. Комплекс почвенных дрожжей ампелоценоза включает различные физиологические группы, в том числе бродильщиков с различной степенью активности. Такие культуры при переработке винограда участвуют в контаминации и ферментации муста, способны влиять на формирование вкуса и ароматического профиля вин, что имеет практическое значение при традиционном виноделии.

МИКРОМИЦЕТЫ ВХОДНЫХ УЧАСТКОВ ПЕЩЕР АБХАЗИИ

Мазина Светлана Евгеньевна^{1,2}, Попкова Анна Владимировна^{2*}

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
химический факультет, Москва, Россия

² Российский университет дружбы народов, экологический факультет,
Москва, Россия

* e-mail: popkova_av@mail.ru

В пещерах преобладают сообщества олиготрофных, психротолерантных грибов, что объясняется относительно стабильными, низкими положительными температурами, а также лимитированностью органических субстратов. В основном, микромицеты, выявленные в подземных местообитаниях, относятся к группе космополитов и убиквистов, а также оппортунистических сапрофитов, связанных с почвами, растительными материалами и насекомыми. Большинство видов, найденных в пещерах, характерны и для наземной среды. Перенос спор микромицетов в подземные местообитания осуществляется посредством циркуляции воздуха и водных потоков, а также с животными и людьми. При этом сведения о том, как условия подземных местообитаний и характеристики биотопов влияют на распространение пещерных грибов, весьма немногочисленны.

Целью настоящего исследования было определение биоразнообразия микромицетов входных участков пещер Абхазии: Голова Отапа, Абрскил, естественный вход пещеры Новоафонская имени Гиви Смыр, Мааникварская, Акую.

Микромицеты из субстратов выделяли методом разведений на среде Чапека-Докса со сниженной концентрацией сахарозы, вытяжке из пещерных грунтов (аналог почвенной вытяжки) и голодном агаре, а также делали отпечатки с видимых колоний на среду Чапека-Докса при 9°C.

В результате исследования выявлено преобладание видов родов *Penicillium*, *Aspergillus* и *Fusarium* в сообществах обрастаний фототрофов, доминировали представители *Penicillium*, *Fusarium* и *Alternaria*. На субстратах без видимых обрастаний фототрофов преобладали представители рода *Trichoderma*, они же доминировали. Кроме того, к группе доминантов относились *Chrysosporium sp.*, *Humicola sp.*, *Scopulariopsis sp.* В большинстве исследованных пещер доминанты совпадали, но видовой состав второстепенных видов различался.

ПРОКАРИОТНАЯ ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ РЕЛИКТОВЫХ ПОЧВЕННЫХ СООБЩЕСТВ

***Манучарова Наталия Александровна, Каримов Тимур Дамирович,
Власова Анастасия Павловна, Зенова Галина Михайловна,
Степанов Алексей Львович***

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
e-mail: manucharova@mail.ru*

Современная биотехнология рассматривает почву как главный природный банк при поиске культур микроорганизмов с полезными свойствами. Феномен некультивируемых микроорганизмов позволяет предположить, что истинное разнообразие почвенной биоты значительно превышает существующие в настоящее время оценки. Выяснение свойств почв, способствующих формированию и сохранению биоразнообразия, получение консорциев микроорганизмов, обладающих биотехнологическим потенциалом (способность к азотфиксации, гидролизу природных полимеров и ксенобиотиков, синтезу вторичных метаболитов) – одна из важнейших научных проблем современной микробиологии. Для сохранения биоразнообразия существенное значение имеет протекторная функция почвы – консервация в жизнеспособном состоянии различных переживающих стадий организмов.

Целью исследований явилось выявление специфики устойчивости и развития гидролитических микробных комплексов, обладающих биотехнологическим потенциалом в наземных экосистемах, установление закономерностей их распространения в биогеоценозах и зависимости функциональной активности от основных экологических факторов. Объектами исследования являлись микробные сообщества современных почв (чернозема, серой лесной, каштановой) и реликтовых местообитаний (подкуранные каштановые почвы, погребенные вулканические слоисто-пепловые почвы Камчатки, образцы многолетнемерзлых грунтов Антарктиды). На основе экофизиологических критериев определена функциональная значимость гидролитических прокариотных микробных комплексов в наземных экосистемах, установлена степень толерантности исследуемых микробных сообществ к экстремальным параметрам экологических факторов. Выявленное возращание потенциальной активности сообществ по мере увеличения степени «законсервированности» открывает возможности для биотехнологического использования штаммов, выделенных из реликтовых местообитаний.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-29-05197 МК «Молекулярный анализ микроорганизмов цикла азота нефтезагрязненных почв и использование его потенциала в целях биоремедиации».

ИНФЕКЦИОННЫЙ ФОН ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ В ДЛИТЕЛЬНЫХ ОПЫТАХ С УДОБРЕНИЯМИ И ОВОЩНОМ СЕВООБОРОТЕ

*Маркарова Мария Юрьевна, Надежкин Сергей Михайлович,
Маркарова Анна Эдуардовна*

*Федеральный научный центр овощеводства (ФГБНУ ФНЦО), Московская
область, Одинцовский район, пос. ВНИИССОК, Россия
e-mail: tyriam@mail.ru*

Микроорганизмы могут реагировать на изменение условий почвенной среды путем корректировки состава в микробном сообществе и общего количества микробной биомассы. Выполнена оценка численности отдельных трофических групп почвенных микроорганизмов и идентифицированы доминирующие по численности патогенные микроорганизмы в почве многолетнего опыта с применением удобрений на черноземе выщелоченном в Западной Сибири и опытного поля в овощном севообороте в дерново-подзолистой почве Подмосковья.

Недостаток органики определяет низкий уровень процессов аммонификации, регулярная минеральная подкормка сопровождается высоким уровнем нитрификации. Недостаток минерального питания определяет мобилизацию процессов азотфиксации, этому же способствует применение органических компостов.

Биоразнообразие нормальной микрофлоры при длительной эксплуатации почв агроценозов без использования органических удобрений становится скудным, а вот показатели численности и разнообразия фитопатогенной микробиоты резко возрастают. Высокий уровень заражения почвы грибными инфекциями, такими, например, как фузариоз, фомоз, кладоспориоз, альтернариоз, склеротиноз сохраняется длительное время. Споры хранятся в почве и при любых благоприятных условиях проявляются в виде массовых поражений овощной и семенной продукции. Принятая система севооборота с задачей снижения инфекционного фона не справляется. Проведении регулярной обработки вегетирующих растений фунгицидными препаратами не снижает инфекционный фон почв, но может снижать биоразнообразие нормальной микрофлоры.

Последствие удобрений характеризуется существенным увеличением биоразнообразия почвенных бактерий и грибов, что может свидетельствовать об образовании устойчивого микробиологического сообщества после прекращения действия ранее внесенных удобрений. Наряду с этим наблюдается и снижение инфекционного фона почвы.

ЛИМИТИРОВАНИЕ АКТИВНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОЧВ ГОРНОЙ ТУНДРЫ ДОСТУПНОСТЬЮ АЗОТА: ВНУТРИСЕЗОННАЯ ДИНАМИКА И ЭФФЕКТ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Маслов Михаил Николаевич

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
e-mail: mi.ni.maslov@gmail.com*

Для выявления роли доступности азота в регулировании активности микроорганизмов было изучено две контрастные по N-статусу почвы под кустарничковой тундрой и злаковым лугом в горно-тундровом поясе Хибин (67°64' N 33°64' E, 600 м н.у.м.). Исследование проводилось на образцах, собранных в начале, в середине и в конце вегетационного периода. В образцах определяли влияние дополнительно внесенного минерального азота на дыхательную активность микроорганизмов (ежедневно в течение недели), содержание углерода и азота микробной биомассы, экстрагируемых питательных веществ, а также активность ферментов.

В начале и середине вегетационного периода добавление N стимулирует минерализацию органического вещества (ОВ) в бедной азотом почве кустарничковой тундры и не влияет на ОВ луговой почвы, богатой азотом. Напротив, повышенная доступность азота в конце вегетационного сезона значительно повышает микробную активность в обеих почвах, что связано с поступлением большого количества растительного опада. Температурная чувствительность минерализации ОВ (Q_{10}) выше в почве кустарничковой экосистемы по сравнению с луговой и в целом не зависит от периода вегетации. Повышение доступности азота снижает температурную чувствительность минерализации органического вещества в почве кустарничковой тундры, но повышает ее для почвы луговой экосистемы.

Таким образом, наши результаты показали, что растущая доступность азота в тундровых почвах в условиях изменения климата может снизить температурную чувствительность минерализации органического вещества в почвах под кустарничковой растительностью, которые аккумулируют наибольшие запасы органического углерода и широко представлены в тундровой зоне.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации (проект МК-207.2019.5).

АЗОТ КАК ФАКТОР С-МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ЕЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Меняйло Олег Владимирович, Матвиенко Анастасия Игоревна

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН,

Красноярск, Россия

e-mail: menyailo@hotmail.com

Азот все в больших количествах поступает в экосистемы в виде удобрений и с атмосферными осадками, что приводит к существенным изменениям в процессах как азотного, так и углеродного цикла. Поэтому цель нашей работы было изучить влияние добавления азота на судьбу почвенного углерода в почве под лиственницей сибирской и сосной обыкновенной. В полевом эксперименте мы обнаружили положительный эффект азота на минерализацию углерода, который был значимым даже для общей эмиссии CO_2 за сезон. Внесение азота увеличило общую эмиссию CO_2 под сосной в течение первого и второго года эксперимента, под лиственницей только в первый год. В третий год эффект азота отсутствовал. Суммарные потери почвенного углерода за 2 года за счет внесения 50 кг N/га составили 600-650 кг под лиственницей и в три раза больше (1800-2000 N/га) – под сосной. Следовательно, потери C из почвы могут составлять половину (как под лиственницей) и даже превышать его накопление растительной биомассой (под сосной), уменьшая или вообще сводя на нет эффект от внесения минеральных азотных удобрений.

Для выяснения механизмов влияния N на минерализацию почвенного органического вещества (C) и на показатели ее температурной чувствительности были проведены эксперименты с варьированием температуры и азотных добавок с помощью автоматической системы, состоящей из анализатора CO_2 , соединенной с 16-канальным мультиплексором и инкубатором, меняющим температуру согласно установленной программе. Показано, что NH_4NO_3 имеет тенденцию увеличивать минерализацию C в подстилках и ингибировать в минеральных почвах. Отрицательный (ингибирующий) эффект сильнее при более низких температурах (5°C), положительный эффект сильнее при более высокой температуре (20°C). Итак, температурная чувствительность процессов минерализации почвенного органического вещества повышается при поступлении азота, что нужно учитывать при моделировании цикла C и удобрении почв для интенсивного использования и воспроизводства лесов.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 17-04-01776 и 18-54-52005).

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ДРОЖЖЕВЫХ СООБЩЕСТВ ТЕРМИТНИКОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА КАТ ТЬЕН (ЮЖНЫЙ ВЬЕТНАМ)

Морозова Анна Игоревна, Зуев Андрей Георгиевич

*Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия*

E-mail: aimorozova.ecologist@gmail.com

В данных тезисах на примере изучения дрожжевого населения кишечника термитов, поверхности их тела, а также ряда структур их гнезд обозначены проблемы, возникающие при работе с тропическими штаммами (образцы получены с территории национального парка Кат Тьен (Южный Вьетнам)) и возможные пути их преодоления.

Отбор и транспортировка образцов. При отборе образцов для микробиологического анализа необходимо исключить контаминацию посторонними микроорганизмами, что достигается стандартной подготовкой и стерилизацией инвентаря. Транспортировка образцов нежелательна из-за риска влияния пищеварительных процессов термитов, воздействия мицелиальных грибов, смены условий на состав дрожжевых сообществ. Решением становится проведение изысканий на месте отбора образцов либо работа с высушенными насекомыми.

Выделение микроорганизмов и определение их таксономического состава. При выделении тропических видов нежелательна инкубация посевов при 4°C; для подавления мицелиальных грибов необходимо применять многочисленные пересевы. Вид дрожжей определяется анализом нуклеотидных последовательностей D1/D2 доменов региона 26S (LSU) рДНК. Однако характерный дрожжевой рост могут давать и некоторые грибы, не являющиеся истинными дрожжами, тогда обычно используемая пара праймеров ITS1F-NL4 не работает. В качестве решения предлагается использование праймеров ITS4 или ITS4B вместо NL4.

Статистическая обработка данных. Из-за угнетения дрожжей пищеварительными процессами насекомых и конкуренцией с мицелиальными грибами есть риск получить большой массив нулевых значений, не поддающийся многим методам статистического анализа. В таком случае имеет смысл рассматривать экологический аспект биологического разнообразия в виде набора физиологических трейтов. Для такого массива возможно большее число статистических операций. Рассмотрение генетического аспекта разнообразия дрожжей часто приводит к обнаружению новых видов, а иногда и родов, что также является значительным результатом исследования.

ЧИСЛЕННОСТЬ ПРОКАРИОТ, ГРИБОВ И БАКТЕРИОФАГОВ В ПОЧВАХ ЗЕМЛИ ФРАНЦА-ИОСИФА И НОВОЙ ЗЕМЛИ

*Никитин Дмитрий Алексеевич¹, Лысак Людмила Вячеславовна²,
Бадмашиев Доржи Владимирович², Мергелов Никита Сергеевич³,
Долгих Андрей Владимирович³, Горячкин Сергей Викторович³*

¹ Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия

³ Институт географии РАН, Россия, Москва, Россия
e-mail: dimmik90@mail.ru

При помощи прямого метода люминесцентной микроскопии оценена численность и биомасса прокариот, грибов и бактериофагов в псаммоземах, пелоземах, петроземах, криоземах, литоземах и серогумусовых почвах архипелагов Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) и Новая Земля (НЗ).

Численность прокариот в почвах ЗФИ составляет от 0.14 до 2.10 млрд. кл/г почвы. Минимум – в минеральных слоях псаммозема о. Алджер, а максимум – в оторфованных горизонтах литозема о. Земля Александры. Протяженность актиномицетного мицелия – 230 м/г почвы, но в среднем не превышает 48 м/г почвы. Биомасса грибов варьирует от 17 до 861 мкг/г почвы. В 80% случаев доля спор составляет более половины биомассы грибов. Споры и мицелий преимущественно представлены мелкими формами $d \leq 3$ мкм. Длина грибного мицелия колеблется от 4 до 272 м/г почвы. Максимум грибов отмечен в лишайниковых корочках и моховых очесах серо-гумусовой почвы о. Ферсмана. Количество прокариот в почвах НЗ изменяется от 0.43×10^7 кл/г почвы для минеральных горизонтов литозема до 1.63×10^8 кл/г почвы в моховом очесе петрозема криотурбированного у Ледяной гавани. Длина мицелия актиномицетов и грибов НЗ не столь велика, как для ЗФИ, составляя от 1 до 24 м/г почвы и от 4 до 68 м/г почвы соответственно. Доля мицелия в грибной биомассе выше (от 4 до 65%), чем для ЗФИ. Максимальна биомасса грибов (372 мкг/г почвы) в поверхностных горизонтах под камнеломками (*Saxifraga*) и крупками (*Draba*). Численность бактериофагов в почвах ЗФИ и НЗ варьировала от 0.2 до 3.8 млрд./г, что составляло от 5 до 14% от количества прокариот. Морфологическое разнообразие бактериофагов представлено икосаэдрическими, хвостатыми и нитчатыми формами.

Авторы благодарят «Арктический плавучий университет» САФУ им. М.В. Ломоносова и лично К.С. Зайкова за организацию работ на ЗФИ. Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РГО-РФФИ № 17-05-41157 РГО_а (проведение полевых работ) и РФФИ-Арктика № 18-05-60279 (микробиологические исследования).

ТЕСТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ROMUL_NUM В ИМИТАЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ПРИМЕРЕ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

*Припутина Ирина Владимировна¹, Фролов Павел Владимирович¹,
Быховец Сергей Станиславович¹, Чертов Олег Георгиевич²*

¹ *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, Россия*

² *Бингенский политехнический университет, Бинген, Германия
e-mail: irina.priputina@gmail.com*

Современные почвенные модели рассматривают преимущественно процессы минерализации, связанные с микробным гетеротрофным дыханием, практически не учитывая эффекты, связанные с жизнедеятельностью почвенной фауны. Модель Romul_Num связывает разложение растительного опада с количественным описанием пищевых цепочек групп почвенной биоты, продукцией их экскрементов и мертвых остатков в качестве источников образования разных фракций почвенного органического вещества (Kotagov et al., 2017). Первоначальное тестирование Romul_Num было выполнено на примере с-х почв (Chertov et al., 2017). Лесные почвы имеют более сложный морфологический профиль, включающий подгоризонты лесной подстилки (L, F, H), что отражает последовательную биохимическую трансформацию напочвенного растительного опада. Тестовые оценки Romul_Num для лесных почв выполнены на примере дерново-подбуров Приокско-Террасного заповедника (ПТЗ). Рассмотрены три варианта начальных почвенных условий, отличающихся по трофности почв. Имитировалось естественное самозаращение вырубков сосной (*Pinus sylvestris* L.) или березой (*Betula* spp), что соответствует условиям развития лесов на территории ПТЗ после введения заповедного режима в 1945 г. Сценарии растительных опадов отражают рост чистых сосновых или березовых древостоев для двух вариантов напочвенного покрова: зеленомошного и кустарничково-зеленомошного. Климатический сценарий соответствует реальной динамике температуры воздуха и осадков для ПТЗ, начиная с 1950 г. Данные вычислительных экспериментов показали чувствительность Romul_Num к начальным почвенным условиям и качеству растительных опадов. Сравнительный анализ результатов имитационных экспериментов с использованием первоначальной и модифицированной (с учетом тестирования) версий Romul_Num показал, что внесенные в исходный код изменения привели к более корректному перераспределению пулов C и N между органическими и минеральными горизонтами при сохранении показателей динамики суммарных почвенных запасов элементов.

Исследования проводятся в рамках темы гос. задания № АААА-А18-118013190176-2.

СООБЩЕСТВА ПРОКАРИОТ И ГРИБОВ РИЗОСФЕРЫ ПРИ АГРОГЕННОЙ ЭВТРОФИКАЦИИ ПОЧВЫ

Семенов Михаил Вячеславович, Никитин Дмитрий Алексеевич

Почвенный институт имени В.В.Докучаева, Москва, Россия

e-mail: semenov_mv@esoil.ru

Если в естественных экосистемах ключевая роль в формировании структуры ризосферных микробных сообществ принадлежит экссудатам растений, то в агрогенно эвтрофированной почве агроценозов искусственное обогащение почвенной среды легкодоступными субстратами и биофильными элементами становится значимым фактором, определяющим микробиом как внекорневой почвы, так и ризосферы растений. В данном исследовании оценивали совместное влияние возделываемых растений (вид культуры и стадия вегетации) и удобрений (минеральные или органические) на численность, биомассу и таксономическую структуру микробных сообществ внекорневой почвы и ризосферы. В опыте возделывали кукурузу, картофель и горчицу белую на фоне двух систем удобрения (N180P150K150 или 50 т/га свежего навоза крупного рогатого скота) в условиях длительного микрополевого эксперимента. Численность копий генов архей, бактерий и грибов оценивали методом РТ-ПЦР. Структуру тотальных (ДНК) и активных (РНК) сообществ прокариот и грибов определяли с помощью 16S рРНК и ITS2 метабаркодинга на платформе Illumina MiSeq.

Длительное применение органических удобрений приводило к значительному повышению биомассы, численности и активности микроорганизмов, а также росту разнообразия и общего количества таксонов вследствие активирования минорных групп в составе сообщества и привнесения дополнительных видов микроорганизмов. Минеральные удобрения резко сокращали микробное разнообразие и количество таксонов в ризосфере и внекорневой почве. В целом, агрогенная эвтрофикация в результате длительного внесения минеральных или органических удобрений полностью перекрывала влияние растений на ризосферный микробиом, что приводило к сближению микробных сообществ ризосферы и внекорневой почвы. Полученные результаты показывают, что система удобрения является наиболее значимым фактором, определяющим численность и структуру тотальных и активных микробных сообществ ризосферы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-04-00315.

МИКОБИОТА ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОГРЕБЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОЙМЫ

*Сидорова Таусия Алексеевна¹, Иванова Анна Евгеньевна^{1,2},
Горленко Михаил Владимирович¹, Кожевин Петр Александрович¹*

¹ *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия*

² *ФГБНУ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия*

e-mail: tayaxozi@gmail.com

Для характеристики реликтовых свойств почв информативно анализировать особенности почвенной микобиоты. Однако остается открытым вопрос: что определяет видовой состав и структуру погребенной микобиоты – исходный состав грибных сообществ почв, попавших под погребение, отражающий память об условиях формирования тех почв; смена условий функционирования после погребения или длительность погребения? Целью работы был анализ изменений свойств сообществ и популяций микромицетов в почвах разного генезиса и возраста погребения, но подверженных одинаковым почвенным процессам после погребения. Анализировали погребенные почвы из пойм рек Днепра (Смоленская обл, дер. Гнездово; возраст почв от 600 до 7500 лет) и Москвы (Московская обл., пос. Николина Гора; возраст от 800 до 9000 лет).

В обоих профилях с увеличением возраста (глубины) погребения почв зарегистрировано постепенное уменьшение содержания грибной биомассы, сокращение доли мицелия и мелких спор, уменьшение содержания копий генов ITS рДНК грибов, снижение видового разнообразия и присутствия редких видов. Установлено, что в погребенных почвах раннего голоцена (7500 лет и 9000 лет) Днепровской и Московской пойм структура грибных сообществ, видовой состав и набор доминирующих видов характерны для современных черноземовидных почв схожего генезиса. Содержание копий генов в почве 7500 летнего возраста также оказалось выше на порядок, чем в более молодых вышезалегающих погребенных почвах. Популяции грибов из погребенных почв более олиготрофны, ингибируются избытком легкодоступного субстрата (глюкозы), отличаются от популяций тех же видов из современной почвы по спектрам и интенсивности потребления набора субстратов в микроаэробных и аэробных условиях.

Таким образом, убедительно показано, что свойства микобиоты погребенных почв определяются, в первую очередь, типом исходных почв и хорошо сохраняются на протяжении длительного времени.

ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ БАКТЕРИЯМИ И МИКСОМИЦЕТАМИ, ОБИТАЮЩИМИ В ЛЕСНОМ БИОЦЕНОЗЕ

**Сизов Лев Ростиславович¹, Лысак Людмила Вячеславовна¹,
Гмошинский Владимир Иванович²**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

¹ факультет почвоведения,

² биологический факультет,

Москва, Россия

e-mail: lvlysak@mail.ru

Миксомицеты – уникальная группа спорообразующих протистов, значительная часть жизненного цикла которых (споры, миксамебы, плазмодий) проходит в почве. Взаимоотношения между миксомицетами и бактериями практически не изучены.

Целью нашей работы было изучение взаимосвязи между бактериями и миксомицетами на разных стадиях жизненного цикла. Изучение прокариотных комплексов, ассоциированных со спорокарпами миксомицетов (13 видов миксомицетов) показало, что общая численность и численность культивируемых сапротрофных бактерий (СБК) довольно велики и сравнимы с численностью бактерий в лесной подстилке и выше, чем в верхнем горизонте почвы. Доминировали в СБК представители родов *Pseudomonas*, *Cytophaga* и *Mухосoccus*. Очевидно, что плодовые тела миксомицетов в почве создают локусы повышенной концентрации грамотрицательных бактерий родов *Pseudomonas*, *Cytophaga* и *Mухосoccus*.

Модельные опыты с выращиванием миксомицета *Physarum sp.* на голодном агаре с нанесенной суспензией клеток *Cytophaga sp.*, *Mухосoccus sp.*, *Bacillus sp.*, *Micrococcus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Erwinia sp.* показали, что прорастание спор миксомицета и движение плазмодия более интенсивно происходит на среде с клетками *Cytophaga sp.* и *Mухосoccus sp.* Это, видимо, связано с выделением в среду клетками гидролитических ферментов, способствующих разрушению оболочек спор миксомицета. Положительный эффект на прорастание спор миксомицета *Reticularia lycoperdon* в жидкой культуре оказывали клетки *Polyangium sp.*, который вырабатывает широкий спектр гидролитических ферментов, в отличие от *Pseudomonas sp.* Разрушение целостности оболочки спор миксомицета было выявлено методом сканирующей электронной микроскопии. Бактерии рода *Pseudomonas* не оказывали влияния на прорастание спор миксомицетом.

Результаты проведенных исследований позволяют предположить, что в природных условиях бактерии-гидролитики, обитающие на поверхности спорокарпа способствуют прорастанию спор миксомицетов в почве.

ДЕЙСТВИЕ НЕЙРОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ РЕКОМБИНАНТНОГО ШТАММА *ESCHERICHIA COLI* K12 TGI

Сорокина Елена Владимировна, Олескин Александр Владимирович

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

биологический факультет, Москва, Россия

e-mail: aoleskin@rambler.ru

Человеческий организм представляет собой сложный «суперорганизм», населенный множеством эукариотических и прокариотических микроорганизмов. Среди используемых ими для коммуникации сигналов представлены вещества, служащие одновременно нейромедиаторами. Роль ряда важных нейромедиаторов, включая катехоламины, серотонин и гистамин, в коммуникации между микробиотой и организмом-хозяином получила освещение в работах последних лет. Настоящая работа посвящена микробным эффектам менее изученных в этом плане нейрорхимических агентов.

Эффекты нейроактивных веществ оценивали по их влиянию на свечение биосенсора *Escherichia coli* K12 TGI, в который был введен lux-оперон светящейся почвенной бактерии *Photorhabdus luminescens* ZM1. Биосенсор подвергался воздействию тестируемых соединений в течение 0.5-168 часов. Нейрорхимические агенты путресцин, ацетилхолин, таурин и индол стимулировали в низких концентрациях (0.1-10 мкМ) люминесценцию штамма *E. coli* K12 TGI. Однако в более высоких концентрациях все протестированные агенты, кроме ацетилхолина, вызывали умеренный токсический эффект – несколько ослабляли свечение биосенсора. Результаты опытов с биосенсором продемонстрировали возможность использования биосенсора для оценки стимулирующих и токсических эффектов нейромедиаторов. Поскольку стимулирующее действие характерно для низких концентраций испытанных агентов, мы предполагаем их регуляторный (вероятно, рецептор-зависимый) эффект на биотест, по аналогии с воздействием на нейроны и другие специализированные клетки организма животных и человека. Возможно, высокие концентрации протестированных агентов подавляют работу бактериальной люциферазной системы, а также выступают как разобщители мембранного фосфорилирования, учитывая наличие ионизируемых групп рядом с ароматическими структурами в их молекулах, что обуславливает возможность транспорта ионов H^+ через биологические мембраны.

БАКТЕРИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС КИШЕЧНОГО ТРАКТА *LITHOBIUS FORFICATUS*

Сотников Иван Владимирович, Якушев Андрей Владимирович

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

факультет почвоведения, Москва, Россия

e-mail: vania.sotnikov@ya.ru

Почвенные беспозвоночные являются важным компонентом наземных экосистем. Губоногие многоножки *Lithobius forficatus* являются одними из немногих активных хищников среди членистоногих в городских условиях и влияют на состав и численность почвенных сапрофагов. Переваривание пищи у большинства животных происходит при активном участии микроорганизмов, а для кистянок кишечное сообщество не изучено.

Цель исследования – изучить кишечное сообщество *L. forficatus*. Для сравнения анализировались кишечные сообщества (фитомонофага) *Deilephila elpenor*, первичного сапрофага *Cylindroiulus caeruleocinctus* и хищника *Carabus nemoralis*. Животные собирались методом ручного сбора на территории лесопарковых зон города Москвы.

В ходе микробиологического исследования комплексным структурно-функциональным методом было установлено, что кишечные сообщества различных трофических групп беспозвоночных животных различаются по их пищевой специализации на разложении биополимеров разной степени доступности для микробной деструкции. Следовательно можно сделать вывод о наличии функциональных различий между кишечными сообществами разных групп почвенных животных. На эту дифференциацию влияют такие факторы как природа потребляемого субстрата (растительного или животного происхождения) и состояние субстрата (живые клетки или органическое вещество на разных стадиях разложения). Также можно предположить, об общей схожести этих сообществ у разных беспозвоночных, принадлежащих к одним трофическим группам.

Работа была поддержана грантом МГУ им М.В. Ломоносова для поддержки ведущих научных школ МГУ «Депозитарий живых систем Московского университета» в рамках Программы развития МГУ.

МИКРОМИЦЕТЫ ИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПЕЩЕРАХ

Спасенов Артемий Юрьевич¹, Мазина Светлана Евгеньевна^{1,2},
Кочетков Сергей Николаевич³

¹ Российский университет дружбы народов

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

³ Российский государственный геологоразведочный университет

имени Серго Орджоникидзе

Москва, Россия

e-mail: conophytum@mail.ru

Посещение пещер человеком приводит к появлению в подземном пространстве субстратов, пригодных для развития микромицетов не свойственных пещере. Предполагается, что длительная эволюция в стабильных температурных условиях, при отсутствии света и недостатке органического вещества привела к формированию в пещерах автохтонной микробиоты. Существуют значительные сложности с выделением реликтовой микробиоты, поскольку существующие методы и подходы направлены в основном на анализ эутрофных видов. В результате в видовом составе микромицетов пещер учитываются виды, которые являются заносными и хранятся в пещере в виде пропагул. Это подтверждается корреляцией между видовым составом микромицетов на часто посещаемых участках пещер и в поверхностных биотопах, что позволяет выявить пути миграции пропагул с поверхности и долю антропогенного заноса.

В случае отсутствия в пещере органического субстрата антропогенного происхождения, численность аллохтонной микробиоты невелика, а наибольшее обилие видов приурочено к субстратам. Обилие пропагул в воздухе пещер свидетельствует о появлении доступного органического вещества и позволяет обнаружить его локализацию. Известны случаи, когда численность КОЕ микромицетов в воздухе на порядки превышала допустимые показатели. Возникает вопрос, есть ли виды индикаторы антропогенного загрязнения пещеры или нужно обращать внимание только на обилие пропагул? На основании данных литературы и собственных исследований удалось установить, что чаще всего виды-индикаторы будут соответствовать поверхностным эутрофным видам. Для пещер Урала и Сибири характерно повышение доли видов рода *Aspergillus*, *Rhizopus*, и *Paecilomyces* и *Penicillium*, появление вида *Chrysonilia sitophila* (Montagne) von Arx и обилие зигомицетов, особенно родов *Mucor*, *Absidia* и *Mortierella*. Для Кавказских пещер характерно повышенное содержание *Penicillium* и *Cladosporium*, но главным индикатором присутствия антропогенного органического вещества являются представители Zygomycota.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ: МОРФОЛОГИЯ VS. ДНК-БАРКОДИНГ

Темралева Анна Дисенгалиевна

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН -
обособленное подразделение ФГБУН «ФИЦ «ПНЦБИ РАН», Пушкино, Россия
e-mail: temraleeva.anna@gmail.com*

Почвенные водоросли являются неотъемлемым компонентом разнообразия почвенной микробиоты и выполняют важные функции накопления органического вещества, азотфиксации, противоэрозионной деятельности и др. Их морфологическая идентификация с помощью световой микроскопии основана на накопленных в течение многих лет данных, общедоступна и не требует дорогостоящего оборудования, но полностью зависит от квалификации исследователя, его опыта работы с аутентичным коллекционным материалом, знания современной литературы. Кроме того, морфологический подход предполагает наличие штамма для последующего длительного наблюдения за фенотипическими свойствами на протяжении всего жизненного цикла. Более быстрый и объективный метод идентификации предлагает современный инструмент молекулярной биологии — ДНК-баркодинг, суть которого заключается в амплификации варибельного фрагмента генома (баркода), окруженного консервативными участками. Технология основана на сравнении собственных данных с референсными нуклеотидными последовательностями из генетических баз данных. Количество потенциальных баркодов и их комбинаций существенно превышает количество морфологических признаков почвенных водорослей. Молекулярно-генетический анализ стабильных признаков позволяет идентифицировать таксоны на основании уровня генетических различий и (или) по наличию специфических «молекулярных подписей». В целом проблемы применения ДНК-баркодинга связаны с невыверенными и неполными генетическими базами данных, неустановленными таксономическими границами, ошибочными гипотезами, что вполне преодолимо при массовом применении ДНК-технологий, накоплении новых данных мультигенных анализов, сопоставлении их с морфологическими, ультраструктурными, экологическими характеристиками (полифазный подход). Данная технология успешно реализована на примере штаммов почвенных водорослей коллекции ACSSI.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта №19-74-00030.

ХАРАКТЕРИСТИКА ДРОЖЖЕВЫХ СООБЩЕСТВ ПОЧВ ГОРОДА МОСКВЫ

Тепеева Александра Николаевна¹, Глушакова Анна Марковна²,
Качалкин Алексей Владимирович^{1,2}

¹ Институт биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г.К. Скрыбина
РАН, Пущино, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
e-mail: sasha211092@inbox.ru

Проведено комплексное исследование численности и разнообразия дрожжевых грибов в городских почвах (верхний гумусовый горизонт) г. Москвы: под газонной растительностью, рядом с локальными зонами размещения бытовых отходов, в зонах теплотрасс, в придорожных зонах городских автомагистралей, а также в ненарушенных почвах на территории природных парков (Лосиный остров и Измайлово). Всего проанализировано 1084 почвенных образцов. Таксономический состав дрожжевых грибов изучали стандартным методом посева на глюкозо-пептонно-дрожжевую среду с добавлением левомицетина. Видовую идентификацию дрожжевых грибов проводили на основе анализа нуклеотидных последовательностей D1/D2 доменов региона 26S (LSU) региона рДНК. Всего в ходе работы обнаружено 86 видов дрожжей (34 аскомицетового аффинитета, 52 – базидиомицетового). Установлено, что дрожжи являются обязательным компонентом микробного населения городских почв, их численность составляет в среднем около 6×10^3 КОЕ/г. Показано, что в городских почвах под газонной растительностью, как и в ненарушенных почвах под лесом, доминируют базидиомицеты, тогда как в городских почвах рядом с локальными зонами размещения бытовых отходов и в почвах под лугом увеличивается доля аскомицетов. Тепловое воздействие вызывает подъем численности и разнообразия дрожжей в почве в осенне-зимний период, увеличение показателей выравненности сообществ, а также снижение доли краснопигментированных видов. Наибольшее видовое разнообразие дрожжей характерно для городских почв, примыкающих к придомовым зонам складирования бытовых отходов. В данных зонах возрастает частота встречаемости клинически значимых видов дрожжей (*Candida parapsilosis*, *C. tropicalis*, *Diutina catenulata* и *Pichia kudriavzevii*) до 35%, а доля в сообществе достигает 17%. Установлено, что структура почвенных дрожжевых комплексов значительно изменяется в зонах воздействия автотранспортного загрязнения. При удалении от автомагистрали изменяется спектр дрожжей-доминантов, возрастает относительное обилие вида *Solicoccozyma terreus* – постоянного компонента почвенных дрожжевых комплексов природных биотопов.

МИКОДИАГНОСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПОЧВ: ПРОБЛЕМЫ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Терехова Вера Александровна

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
e-mail: vtirekhova@gmail.com*

Поддержание жизни и разнообразия живых систем принято считать базовыми среди экологических функций почв (Добровольский, Никитин, 2010). Отсутствие же количественных стандартизированных подходов и индикаторов привело к плохому пониманию того, как биоразнообразие может быть включено в законодательство для защиты качества почвы (Creamer et al., 2016). Актуальность стратегии оценки качества почв на основе биодиагностики очевидна. Недавние исследования, проведенные в Европе, определили рейтинг лучших индикаторов почв агроценозов, который возглавили показатели структуры почвенных сообществ (трех групп микроорганизмов и мезофауны) и функционирования (анализ нескольких ферментов, почвенное дыхание) (*Ecological network analysis reveals the inter-connection between soil biodiversity and ecosystem function as affected by land use across Europe*, 2016). Большой вклад в формирование фундаментальных основ методологии почвенного биомониторинга внесли работы выдающихся наших соотечественников - И.Ю. Чернова, М.М. Умарова, О.Е. Марфениной, Б.А. Бызова. Анализируя развитие антропогенной экологии грибов, нельзя не отметить значимое место в этом процессе трудов О.Е. Марфениной (1994; 2005 и др.).

Современные технологии способствуют развитию микодиагностики экологического качества почв. Сегодня она включает не только анализ индивидуальных индексов (обилия, разнообразия, и т.п.). Показана возможность эффективного сочетания встречаемости чувствительных к поллютантам видов-индикаторов и оценки токсичности среды на основе статистической модели типа SSD (Species Sensitivity Distribution) (Terekhova et al., 2017). Микоиндикация повышает объективность оценки почв на основе междисциплинарного подхода - TRIAD approach (данные химии, экологии и токсикологии) (Terekhova et al., 2014; Pukalchik et al., 2015). Большие возможности для скрининговых оценок структурного и функционального разнообразия микобиоты почв открыли OMICS – технологии (в частности, реконструкция сообществ по липидным профилям, метагеномный анализ) (Verkhovtseva et al., 2016). Массивы данных о состоянии грибных сообществ в тех или иных почвенных условиях привлекают специалистов сферы гибридного моделирования (machine learning и др.) (Pukalchik et al., 2019).

ЭКТОМИКОРИЗНЫЕ ГРИБЫ В ПОЧВЕННЫХ ПИЩЕВЫХ СЕТЯХ

*Тиунов Алексей Владимирович, Зуев Андрей Георгиевич,
Кудрин Алексей Александрович*

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия*

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия
e-mail: a_tiuov@mail.ru*

В бореальных и умеренных лесных почвах эктомикоризные (ЭМ) грибы составляют крупнейший компонент микробной биомассы и играют важную роль в функционировании экосистем. Через микоризный мицелий в почву поступает большое количество углерода, но его судьба остается неясной. Хорошо известно, что комплекс почвенных беспозвоночных – микофагов влияет на обилие и таксономический состав сапротрофных грибов, однако влияние микофагов на ЭМ грибы исследовано плохо. Между тем, трофические связи почвенных животных с ЭМ грибами могут быть одним из значимых механизмов, контролирующих круговорот углерода в лесных экосистемах.

Хорошо известно, что плодовые тела микоризных грибов активно потребляются разнообразными микофагами; полевые эксперименты с использованием изотопной метки также свидетельствует о включении свежезафиксированного «корневого углерода» в почвенные пищевые сети (Pollierer et al. 2007). Тем не менее, в целом ряде работ показано, что большинство таксонов почвенных беспозвоночных не питаются мицелием ЭМ грибов (напр. Goncharov et al. 2016; Potapov and Tiunov 2016). Это предполагает, что большая часть отмершего мицелия остается в почве и вносит вклад в формировании стабилизированного органического вещества (напр. Clemmensen et al. 2013). Однако трудно представить, что обильный и относительно легкодоступный ресурс ЭМ мицелия остается совершенно не освоенным микофагами. Отсутствие сведений о трофических связях микофагов и ЭМ мицелия может быть следствием методических трудностей. Действительно, комбинация нескольких методов позволила показать, что протуры регулярно питаются ЭМ грибами (Bluhm et al. 2019). В масштабном эксперименте с подрезкой коры ели мы показали, что прекращение потока углерода из крон в корни и далее к ЭМ грибам привело к значимому снижению обилия грибоядных нематод, хотя и не повлияло на общее обилие грибных PLFA в почве (Kudrin et al., submitted). В докладе обсуждаются дальнейшие шаги, которые позволят прояснить место эктомикоризных грибов в почвенных пищевых сетях.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ ИДЕЙ Б.А. БЫЗОВА В ОБЛАСТИ ПОЧВЕННЫХ ЗООМИКРОБНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Тихонов Владимир Владимирович, Демин Владимир Владимирович

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

факультет почвоведения, Москва, Россия

e-mail: vvt1985@gmail.com

В фокусе интересов Б.А. Бызова было изучение биоразнообразия и функциональных особенностей микроорганизмов, ассоциированных с беспозвоночными животными (Бызов, 2003). Рассматривая биомассу микроорганизмов как основной источник питания дождевых червей Борис Алексеевич обнаружил, что бактерии в кишечнике дождевых червей способны использовать гуминовые кислоты (ГК) в качестве источника углерода более эффективно по сравнению с почвенными бактериями. Включение через синтез биомассы микроорганизмов стабильного углерода и азота гуминовых веществ в трофическую цепь с участием беспозвоночных еще только предстоит оценить, и лучшими, на наш взгляд, являются методы, использующие изотопы N и C. Продолжение Б.А. Бызовым вместе с коллегами этих работ позволило обнаружить молекулярную перестройку в системе гуминовых кислот при пассаже их через кишечник червей (Тихонов и др., 2010-16; Федий и др., 2012). Аналогичный эффект был зафиксирован при пассаже гуминовых кислот через пищеварительный тракт личинок комаров-долгоножек, мокриц и крымских кивсяков (неопубликованные данные). На наш взгляд, в настоящее время актуальным является изучение всех процессов влияющих на пул стабильного углерода в почве. Изменяя молекулярные характеристики ГК, дождевые черви меняют и их биологическую активность. Б.А. Бызов полагал, что гуминовые вещества могут сами выступать в роли веществ-регуляторов в пищеварительном тракте беспозвоночных, например, ГК могут снижать биологическую активность других биологически активных соединений. Поиск механизмов, с помощью которых реализуются зоомикробные взаимодействия, привел его к открытию киллерного агента, присутствующего в пищеварительном тракте мокриц, вызывающего быстрый автолиз определенных микроорганизмов (Бызов, 2003). Ему удалось также установить химическую структуру этого вещества. Поиск подобных низкомолекулярных биологически активных соединений, контролирующих трофические взаимодействия, является очень перспективным направлением исследований.

Идеи Б.А. Бызова остаются актуальны и в настоящее время, а основанные на них исследования продолжают развиваться на факультете почвоведения МГУ.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-016-00130 А, грант № 18-316-00054 мол_а).

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ГОРНОЙ ТУНДРЫ ХИБИН НА СКЛОНАХ РАЗНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ

Токарева Ольга Александровна, Маслов Михаил Николаевич

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

факультет почвоведения, Москва, Россия

e-mail: tokareva1406@yandex.ru

В тундровых почвах разложение органического вещества сдерживается комбинацией высокой кислотности, низких температур, функциональных ограничений микробных сообществ, участвующих в минерализации, часто подавлением оксидазной активности из-за недостатка кислорода и наличием химически сложных субстратов с низким содержанием азота. Все это создает условия для накопления в почве слабогумифицированного органического вещества. Существенное повышение среднегодовой температуры в Арктике способен активизировать минерализационную активность микроорганизмов. С другой стороны, более сухие условия в тундре создают предпосылки для широкого распространения фитоценозов с преобладанием кустарничков и лишайников, что приведет к увеличению запасов устойчивого к минерализации органического вещества в почве. Удобной моделью для изучения будущих изменений в тундровых экосистемах является метод экологических градиентов, в частности изучение экосистем и почв на склонах разной экспозиции.

Целью данного исследования была оценка влияния экспозиции склона на биологическую активность почв кустарничковой тундры и злакового луга. Образцы почв отбирали в начале, середине и конце вегетационного периода на северном (холодный и влажный) и южном (теплый и сухой) склонах г. Вудъяврчорр в Хибинах (67°64' N 33°64' E, 550-600 м н.у.м.).

Полученные результаты показывают, что наибольшее влияние на содержание углерода микробной биомассы и активность базального дыхания вносит период вегетации, в частности, на южном склоне наблюдается увеличение этих показателей в поверхностных горизонтах в конце вегетационного сезона, а на северном – в середине сезона. Наибольший диапазон изменчивости показателей характерен для северного склона и для почв злакового луга. Также выявлены достоверные различия обсуждаемых показателей в зависимости от типа почвенного горизонта.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации (проект МК-207.2019.5).

**НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ГАЛОТОЛЕРАНТНОЙ АЗОТОФИКСИРУЮЩЕЙ БАКТЕРИИ
HALOMONAS, ВЫДЕЛЕННОЙ ИЗ ЗАСОЛЕННОЙ ПОЧВЫ
АРАЛЬСКОГО МОРЯ**

***Трофимов Александр Сергеевич, Бегматов Шахжахон Абдуллаевич,
Селицкая Ольга Валентиновна***

*Российский государственный аграрный университет - МСХА
имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия
e-mail: s.trofimoff2016@yandex.ru*

Бактерии рода *Halomonas* (*Proteobacteria*) являются типичными представителями микробных сообществ экосистем с высокой концентрацией соли. Известно, что некоторые представители этого рода обладают способностью к азотфиксации, следовательно, они увеличивают количество легкодоступного азота в почве, повышая ее плодородие.

С целью изучения роли бактерий в процессе азотфиксации засоленных почв обсохшего дна Аральского моря, мы провели выделение галотолерантных азотфиксирующих бактерий и исследование некоторых их физиолого-биохимических особенностей. Почва отбиралась по стандартному методу из ризосферы растения *Salicornia* обсохшего дна Аральского моря. Для выделения чистой культуры была использована среда Эшби с сахарозой с повышенной концентрацией NaCl (5%). Идентификация бактерий проводилась с использованием секвенирования гена 16S rRNA. Ранее нашими исследованиями было установлено, что штамм *Halomonas* sp. обладает нитрогеназной активностью.

С целью установить способность выделенного штамма бактерий *Halomonas* sp. использовать разнообразные источники углерода, был произведён посев на среду HP101 (5% NaCl) с сахарозой, глюкозой, фруктозой, маннитом, лактозой, арабинозой, крахмалом, целлюлозой, рамнозой, раффинозой, дульцитом, ксилозой. Наибольшая интенсивность накопления биомассы наблюдалась на среде глюкозой. Для определения солеустойчивости бактерии культивировали на среде HP101 с различными концентрациями NaCl (2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; 15,0; 17,5 и 20,0%). Обильный рост наблюдался при концентрациях NaCl 5,0 % и 7,5 %.

Установлено, что новый штамм *Halomonas* sp. обладающий способностью к азотфиксации, может использовать в качестве источника углерода широкий спектр органических соединений, выдерживать высокие (до 15%) концентрации соли, что делает его перспективным для разработки бактериального удобрения для улучшения биологических свойств засоленных почв.

МЕЖВИДОВЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В АССОЦИАЦИЯХ ЛЮМБРИЦИД И ДЫХАНИЕ ПОЧВЫ

Уваров Алексей Вячеславович

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия

e-mail: av.uvarov@hotmail.com

Дождевые черви оказывают значительное воздействие на микробную активность и контролируемые микроорганизмами процессы в почве; при этом влияние разных видов и экологических групп люмбрицид различается (Edwards & Bohlen 1996; Бызов 2005; Uvarov 2016). Предполагается, что межвидовые взаимодействия в ассоциациях люмбрицид также существенно модифицируют функционирование микробного сообщества (Uvarov 2009), однако этот вопрос изучен недостаточно. В условиях, приближенных к естественным, оценена интенсивность дыхания экспериментальных почвенных систем большого объема (20-л мезокосмы), заселенных 1–5-видовыми ассоциациями дождевых червей различного состава и экспонированных в лесной почве в течение вегетационного сезона. Варианты ассоциаций представляли все комбинации из 5 видов люмбрицид: эпигейных *Dendrobaena octaedra* (Do) и *Lumbricus rubellus* (Lr), норного *L. terrestris* (Lt), эндогейных *Allolobophora chlorotica* (Ach) и *Aporrectodea caliginosa* (Aca). Присутствие любой ассоциации люмбрицид в той или иной мере стимулировало общее и микробное (за вычетом дыхания червей) дыхание почвенной системы. В моновидовых мезокосмах прирост микробного дыхания составлял от 9 до 20% (по сравнению с контролем без червей) в присутствии эпигейных или эндогейных люмбрицид, соответственно. В вариантах с 2-видовыми ассоциациями стимуляция иногда носила аддитивный характер, т.е. равнялась приблизительно сумме стимулирующих влияний обоих видов (*Do+Lr*; *Do+Lt*; *Ach+Lt*). В других вариантах величина стимуляции была существенно выше (*Do+Ach*; *Aca+Lt* и особенно *Lr+Lt*) или ниже этой суммы (*Do+Aca*; *Ach+Aca*; *Ach+Lr*; *Aca+Lr*), что позволяет предполагать наличие у люмбрицид межвидовых взаимодействий, влияющих на микробную активность почвенной системы. Можно видеть, что характер взаимодействий не определяется принадлежностью видов к той или иной экологической группе и, по-видимому, видоспецифичен. В вариантах с 3–5-видовыми ассоциациями результирующая величина стимуляции микробного дыхания всегда была ниже суммы стимулирующих влияний отдельных видов люмбрицид. Таким образом, в сложных ассоциациях межвидовые взаимодействия приводят к взаимной компенсации стимулирующих влияний сосуществующих видов дождевых червей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ И МОРФОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ БАКТЕРИОФАГОВ В НЕКОТОРЫХ ПОЧВАХ РОССИИ

*Чекин Михаил Романович, Кудинова Алина Гранитовна,
Лапыгина Елена Владимировна, Лысак Людмила Вячеславовна*

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

факультет почвоведения, Москва, Россия

e-mail: mihail456@gmail.com

Бактериофаги – самые мелкие и многочисленныe обитатели нашей планеты. Об экологической значимости бактериофагов в почве известно значительно меньше, чем в водных экосистемах, хотя можно предположить, что бактериофаги имеют важное значение в регуляции численности бактерий в почве. Целью нашей работы является определение численности и морфологического разнообразия бактериофагов в некоторых почвах России. Были проанализированы образцы верхних (0-10 см) горизонтов некоторых зональных, интразональных и городских почв. Объектами исследования являлись: дерново-подзолистая почва, чернозем, каштановая почва, аллювиальная дерновая почва, торфяная почва, пелозем, петрозем, почва с гиполитным органометным горизонтом, урбанозем. Определение численности бактериофагов в почве проводили методом эпифлуоресцентной микроскопии с использованием красителя SYBR Green 1, характеризующийся высокой чувствительностью к ДНК. Численность бактериофагов варьировала от 0,3-5,7 млрд. в 1 г почвы, что сравнимо с их численностью в донных отложениях пресных и засоленных водоемах. Численность бактериофагов в зональных почвах составляла 0,34-5,7 млрд. в 1 г почвы: максимальная численность фаговых частиц была зафиксирована в дерново-подзолистой почве. В интразональных почвах численность фагов варьировала от 0,5 до 3,8 млрд/г: максимальная численность в пелоземе; в урбаноземе (2,1 млрд/г почвы). Следует отметить, что численность фаговых частиц была близка к численности показателям общей численности бактерий в исследованных почвах.

При помощи просвечивающей электронной микроскопии были обнаружены икосаэдрические, хвостатые и нитчатые бактериофаги.

Полученные нами данные о высокой численности бактериофагов в почве и их морфологическом разнообразии позволяют предположить, что они могут играть значительную роль в регуляции численности бактерий в почвах.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-34-00658,
руководитель: А.Г. Кудинова, м.н.с. ИМГ РАН.*

УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВЕННОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА К ОБЛУЧЕНИЮ УСКОРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ В УСЛОВИЯХ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ И НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

**Чепцов Владимир Сергеевич^{1,2}, Белов Андрей Антонович¹,
Воробьева Елена Алексеевна¹, Манучарова Наталия Александровна¹,
Павлов Анатолий Константинович³**

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия

² Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

³ Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия
e-mail: chepcev.vladimir@gmail.com

Нами проведено облучение образца серозема (пустыня Негев, Израиль) ускоренными электронами в дозах 10 кГр и 100 кГр в условиях низкого давления (0.01 торр) и низкой температуры (-130°C) в качестве модели длительной криоконсервации микроорганизмов в условиях Марса и открытого космоса. Облучение ускоренными электронами в обеих дозах привело к уменьшению числа колониеобразующих единиц (КОЕ) бактерий в почве на один порядок. После облучения дозой 10 кГр были обнаружены культивируемые бактерии родов *Arthrobacter*, *Massilia*, *Micrococcus*, *Planomicrobium*, *Rufibacter* и *Spirosoma*, после воздействия дозы 100 кГр - *Arthrobacter*, *Microvirga*, *Pontibacter*, *Rufibacter* и *Spirosoma*. Большинство выделенных штаммов проявили факультативно-психрофильные (психотрофные) свойства. По устойчивости к рН были обнаружены нейтрофилы с широкими диапазонами рН роста (4–12), алкалофилы (8–12) и кислотоустойчивые алкалофилы (4–8, 5–9). Некоторые штаммы были чувствительны к присутствию солей в среде, другие же были галотолерантны и росли на средах с содержанием до 20% NaCl или MgSO₄ и до 15% KCl. Таким образом, показано, что исследованное микробное сообщество обладает высокой устойчивостью к широкому спектру физико-химических факторов. Полученные данные позволяют предполагать возможность длительного сохранения жизнеспособных микроорганизмов в реголите Марса и в открытом космосе в составе метеоритов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 17-12-01184 и гранта РФФИ № 18-34-00331 (в части физиологической характеристики выделенных штаммов бактерий).

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПРИ СВЕДЕНИИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСОВ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА

Чернов Тимофей Иванович, Железова Алёна Дмитриевна

Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, Россия

e-mail: chern-off@mail.ru

Сведение естественных тропических лесов вызывает значительные изменения содержания органического вещества, кислотности, влажности и других свойств почвы, что приводит к изменению структуры почвенных микробных сообществ. Обратимы ли эти изменения, и можно ли восстановить биологические свойства тропических почв при помощи лесопосадок? Для того, чтобы ответить на этот вопрос, были изучены физико-химические свойства, численность различных групп микроорганизмов, и структура бактериального сообщества в тропических почвах южного Вьетнама под различной растительностью. Объектами исследования являлись почвы (Stagnosol) несколько площадок на территории национального парка Кат Тьен (южный Вьетнам): 1) почва под слаборушенным лесом с преобладанием *Dipterocarpus*; 2) почва под травянистой растительностью, установленной на месте сведенных лесов; 3) почва под посадками смешанного леса местных пород деревьев возраста около 20 лет; 4) почва под посадками леса с преобладанием *Dipterocarpus* возраста более 30 лет.

Почвы под слаборушенными человеком муссонными лесами характеризовались наиболее высоким содержанием углерода (до 7%) и азота (до 0.6%), наибольшей влажностью, а также наибольшим содержанием генов бактерий и архей. В почве под травянистой растительностью и под вторичными лесами содержание углерода и азота снижено в 2–3 раза, влажность – на 20–30%, а численность микроорганизмов – более чем на порядок. Таксономическая структура бактериального сообщества в почве под первичными и вторичными лесами сходна (на основе метрики сходства weighted UniFrac), а в почве под травянистой растительностью – значительно отличается.

Таким образом, химические и биологические свойства тропических почв южного Вьетнама значительно изменяются при сведении естественных лесов, меняется структура бактериального сообщества. При посадке вторичных лесов различного состава таксономическая структура бактерий, характерная для тропического леса, со временем восстанавливается. Однако восстановления общей численности прокариот, влажности и содержания органического вещества не происходит как минимум в течение 20–30 лет.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект 18-34-00114.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СЛЕД ДРЕВНЕЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРМОФИЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ

*Чернышева Елена Владиславовна, Дуцанова Камилла Савировна,
Борисов Александр Владимирович*

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

e-mail: chernysheva1988@gmail.com

Вопрос об изменении свойств микробных сообществ почв в результате древнего антропогенного воздействия впервые был поднят в работах О.Е. Марфениной с коллегами. Данная работа является продолжением исследований в области изучения микробиологических свойств почв и культурных слоев археологических памятников.

Предположение о ведущей роли антропогенного фактора в распространении термофильных микроорганизмов в почвах было выдвинуто еще в 50-х гг. прошлого века Е.Н. Мишустиним. Показано, что наиболее вероятные источники поступления этих микроорганизмов в почву – это навоз и компост. До настоящего времени не дана оценка вклада древней антропогенной деятельности в распространение термофильных микроорганизмов в почвах.

Проведена оценка численности термофильных микроорганизмов в почвах следующих объектов: 1) загоны для скота в горной зоне Северного Кавказа (I тыс. до н.э. – I тыс. н.э.) и 2) почвы древних сельскохозяйственных полей в окрестностях поселений (V–VIII вв. н.э.). В непосредственной близости от вышеуказанных объектов исследовались современные фоновые почвы. Установлено, что численность указанных термофильных микроорганизмов в почвах загонов для скота достигала 570–620 тыс. КОЕ/г почвы, в то время как в современных фоновых почвах их численность не превышала 90 тыс. КОЕ/г почвы. В почвах полей в окрестностях средневековых поселений численность термофильных бактерий существенно уменьшалась по мере удаления от поселения. Таким образом, можно предположить, что высокая численность термофильных микроорганизмов в почвах указывает на активное применение навоза в земледельческой практике в прошлом. Анализ последовательности гена 16S рРНК показал, что штаммы, выделенных из почв загона и земледельческих угодий относятся к спорообразующим термофильным бактериям рода *Anoxybacillus* и *Parageobacillus*.

Работа выполнена при поддержке гранта МК-2325.2019.6.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТФИКСИРУЮЩЕЙ БАКТЕРИИ В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Шабает Валерий Павлович

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, Россия
e-mail: vpsh@rambler.ru*

В настоящее время получены многочисленные результаты о влиянии на рост и урожай сельскохозяйственных культур применения азотфиксирующих бактерий. Среди азотфиксаторов наиболее изучен *Azotobacter chroococcum*, на основе которого было создано бактериальное удобрение – азотобактерин, результаты испытаний которого были не стабильны – наряду с увеличением не было прибавок урожаев. Это связано с тем, что азотобактерин обладал слабой приживаемостью на корнях растений и применялся без учета свойств почв, которые в значительной степени влияют на эффективность интродуцируемых микроорганизмов. Рядом исследований установлена высокая эффективность стимулирующих рост растений ризосферных бактерий (PGPR) р. *Pseudomonas*, обладающих высокой конкурентноспособностью и приживаемостью в почве, ризосфере и ризоплане, в том числе фиксирующих молекулярный азот.

Изучено влияние внесения азотфиксирующей бактерии *P. putida* 23 на рост столовой свеклы при выращивании растений на почвах и искусственных почвенных смесях на фоне внесения NPK-удобрений и влажности не ниже 60% ПВ в сосудах без дна площадью 0.1 м², (0.33x0.33x0.33 м), вкопанных в почву. Бактерии повышали урожай при выращивании растений на почвах и почвенных смесях с низким уровнем азотфиксирующей активности и с высокой приживаемостью бактерии в ризоплане и ризосфере и, напротив, были неэффективными при высоких значениях азотфиксации и низкой приживаемости бактерии. Высокий уровень азотфиксирующей активности почв и почвенных смесей был обусловлен повышенным содержанием в них подвижных форм молибдена и фосфора.

Максимальные урожаи получены при выращивании растений на почвах и почвенных смесях с высоким уровнем плодородия, имеющих высокий уровень азотфиксирующей активности, что исключает эффект от применения азотфиксирующей бактерии. Внесение бактерии на почвах и почвенных смесях, имеющих низкий уровень плодородия и азотфиксирующей активности, не увеличивало урожаи до максимального уровня.

Определение азотфиксирующей активности почв может быть рекомендовано для прогноза эффективности применения испытанной бактерии при выращивании растений на различных почвах.

***BACILLUS THURINGIENSIS* И ЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АМИЛОИДЫ**

**Юдина Татьяна Георгиевна¹, Го Даньян²,
Полянская Алла Багачевна¹, Павлова Ирина Борисовна¹,
Хамидова Хуршида Муминовна³**

¹ *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
биологический факультет, Москва, Россия;*

² *Институт сельскохозяйственных наук и технологии Шаньдунской Академии
сельскохозяйственных наук, Цзинань, Китай;*

³ *Институт микробиологии АН РУз, Ташкент, Республика Узбекистан
e-mail: yudinatg@mail.ru*

В настоящее время значительно расширилось изучение высокоупорядоченных, стабильных белковых структур - амилоидных фибрилл (АФ), их экологической роли. Почвенную бактерию *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) характеризуют сейчас, как экологического патогена, образуемые ею параспоральные кристаллы в большинстве случаев состоят из полифункциональных высокоспецифичных токсинов, способных к антимикробному действию. Мы определили, что такие включения нескольких подвидов *Bt* связаны с АФ, и, вероятно, могут формироваться на основе протофибрилл. Электронная микроскопия выявила разные стадии формирования АФ при образовании включений. АФ и амилоидогенные δ -эндотоксины выполняют полезные функции для бактерий, занимающих любую из возможных экологических ниш, поэтому входят в группу функциональных амилоидов. Благодаря АФ кристаллы легче адсорбируются на разных поверхностях, соединяются между собой и со спорами. АФ – структурная основа, сохраняющая белки кристаллов и обеспечивающая проявление их биологической активности только на необходимых этапах жизненного цикла *Bt*. Целью работы явилось сравнительное исследование структурно-функциональных характеристик кристаллов и биологической активности амилоидогенных белков. δ -Эндотоксины изученных подвидов *Bt* формируют разное количество АФ, наибольшее – в связи с кристаллами *Bt* серотипа Н29, имеющими уникальную структуру. Структура включений и их АФ у пяти других серотипов *Bt* имеет свои отличия. Мы сравнили (используя метод диффузии в агар) чувствительность к отдельным δ -эндотоксинам, их смесям, другим амилоидогенным белкам и их смесям у почвенных стрептомицетов известных видов, а также у стрептомицетов, выделенных из весенних почв Сурхандарьинской области Узбекистана. Среди последних оказались стрептомицеты с уникальной морфологией экзоспор. Стрептомицеты в разной степени чувствительны к антибиотическому действию амилоидогенных белков. Лизис наиболее чувствительных изучен в сканирующем и просвечивающем электронных микроскопах.

ВКЛАД РАБОТ БОРИСА АЛЕКСЕЕВИЧА БЫЗОВА В РЕШЕНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ЗООМИКРОБНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

*Якушев Андрей Владимирович, Тихонов Владимир Владимирович,
Грачёва Татьяна Александровна, Голиченков Максим Владимирович*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет почвоведения, Москва, Россия
e-mail: a_yakushev84@mail.ru*

Почвенные животные формируют почву через её перемешивание, перемещение, разрыхление, измельчение, а так же через минерализацию и гумификацию органических остатков и создание зоогенных структур (пор – путей миграции воздуха и воды, экскрементов – источников почвенных агрегатов), но главное – посредством регуляции обилия и таксономического состава почвенных микроорганизмов. Следовательно, для понимания формирования и функционирования почв необходимо изучить взаимоотношения животных с почвенными, кишечными и внутриклеточными микроорганизмами (эндосимбионтами и патогенами). Работы Бориса Алексеевича Бызова были посвящены роли трофических и метаболических зоомикробных взаимодействий в функционировании микробных сообществ почв. Установлено, что вследствие постоянного пассажа почвенных видов бактерий и дрожжей через пищеварительную систему сапрофагов возникают штаммы, устойчивые к кишечной среде. Почвенные штаммы, активно растущие в ней, формируют в полости кишечника, а не на его стенках, функционально значимый транзитный блок кишечного микробного комплекса. Например, были открыты патогенные для диплопод кишечные штаммы сапротрофных дрожжей *Pichia guilliermondii*. У диплопод киллерные поверхностно-активные вещества пищеварительной жидкости переднего отдела кишечника (для кивсяков это 16-сульфо-гидроксипальмитиновая кислота) участвуют в быстром (секунды-первые минуты) индуцированном автолизе микробных клеток, обеспечивающем, наряду с пищеварительными ферментами, переваривание микробной биомассы и защиту кишечника от патогенов. Почвенные сапрофаги (мезо- и микрофауна) увеличивают в микробной биомассе долю бактерий и сокращают долю грибов (особенно меланизированных), изменяют микробных доминантов, увеличивают в почве и экскрементах микробное дыхание, аммонификацию, нитрификацию, долю высокомолекулярных и низкомолекулярных фракций гуминовых кислот, изменяя при этом их биологическую активность. Хищные грибы замедляют рост и переходят к спороношению в присутствии их жертв - нематод. Б.А. Бызов воспитал ряд учеников, его идеи актуальны и развиваются как на факультете почвоведения МГУ, так и во всём мире.

Keeping traditions – towards new achievements: scientific conference dedicated to the memory of leading scientists in soil microbiology I. Yu. Chernov, M. M. Umarov, O. E. Marfenina, B. A. Byzov; December 25th 2019: Abstracts / Ed. L. A. Pozdnyakov. – Moscow: MAKS Press, 2019. – 71 p.

e-ISBN 978-5-317-06301-6

<https://doi.org/10.29003/m855.978-5-317-06301-6>

The aim of the conference is to introduce the reports about contemporary problems of soil microbiology, as well as zoomicrobial interactions in the soil, and to honor the contribution of I. Yu. Chernov, M. M. Umarov, O. E. Marfenina and B. A. Byzov to modern soil science.

Keywords: microbiology, soil biology, ecology, soil science, fungi, yeasts, nitrogen fixation, denitrification, zoomicrobial interactions.

Научное издание

СОХРАНЯЯ ТРАДИЦИИ –
К НОВЫМ ДОСТИЖЕНИЯМ

Научная конференция, посвященная памяти
ведущих ученых в области почвенной микробиологии

И. Ю. Чернова, М. М. Умарова,
О. Е. Марфениной, Б. А. Бызова

25 декабря 2019 г.

Тезисы докладов

Составитель *Л. А. Поздняков*

Материалы сборника доступны на интернет-ресурсах:

<http://soil.msu.ru>

<http://www.pochva.com>

Составление и компьютерная верстка:

Л. А. Поздняков

Издательство «МАКС Пресс»

Главный редактор: *Е. М. Бугачева*