

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИБ КарНЦ РАН)

На правах рукописи

Калинкина Дарья Сергеевна

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

по результатам научно-квалификационной работы (диссертации)

**«СООБЩЕСТВА ПОЧВООБИТАЮЩИХ НЕМАТОД
ПРИ ИНТРОДУКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ
НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ»,**

выполненной в соответствии с требованиями
Федерального государственного образовательного стандарта
высшего образования по направлению 06.06.01. Биологические науки
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Научный руководитель:

к.б.н. Е.М. Матвеева

Петрозаводск – 2017

Вводная часть

Актуальность. Известно, что нематоды (круглые черви) как одна из наиболее многочисленных и разнообразных групп почвенных организмов, являются признанными биологическими индикаторами состояния почвенных экосистем (Bongers et al., 2001; Voag et al., 2007; Okada, Harada, 2007). Обитая в водной пленке, окружающей почвенные частицы, они быстро и чутко реагируют на изменения условий среды, играют важную роль в процессах разложения органического вещества и круговорота питательных веществ в почве; тесно связаны по своей структуре и функциональному состоянию с почвенным покровом (растительными сообществами), бактериями и грибами.

Исследования закономерностей формирования сообществ педобионтов, включая нематод, их адаптаций к изменяющимся условиям природной среды являются актуальными в силу необходимости изучения фундаментальных основ взаимодействия организмов друг с другом и средой обитания в условиях Севера. Добавление в этот круг вопросов оценки последствий деятельности человека, в частности инвазии чужеродных видов в местные, исторически сложившиеся сообщества, выявление их влияния на различные компоненты биоты, переводит данные исследования в разряд одних из приоритетных составляющих развития современной фундаментальной науки.

В настоящее время наблюдается все возрастающая роль адвентивного компонента во флоре и фауне различных регионов (Масляков, 2000; Виноградова, 2010; Дгебуадзе, 2014; Кривец и др., 2015). Адвентизация флоры и косвенно связанное с ней явление проникновения чужеродных видов паразитических нематод в новые для них экосистемы в настоящее время практически не изучены. Направленность изменений в сообществах почвообитающих нематод может различаться в силу таких характеристик растений, как приуроченность к определенной систематической группе, физиологическое состояние, возраст, инвазивность. В современной нематологической литературе имеются данные о воздействии планомерной интродукции и выращиваемых новых видов растений на особенности фауны почвообитающих нематод в целом и группы фитопаразитов, в частности, на примере питомников древесных пород (Skwiercz, 2012; Chalanska, Labanowski, 2014), агроценозов с плодово-ягодными культурами (Tabolin et al., 2010; Pokharel et al., 2015), рекультивируемых ландшафтов с посадками лиственных и хвойных деревьев (Hanel, 2008) и условий закрытого грунта в ботанических садах (Gubin, Sigareva, 2014). Взаимоотношения между организмами в системе «почва – растение-интродуцент» приобретают особую актуальность в условиях Северо-Запада, где наблюдаются короткий

период положительных температур и вегетации растений, а также гидроморфизм почв, что в комплексе обуславливает специфические черты сообществ почвенных организмов.

Цель настоящего исследования состояла в изучении особенностей сообществ нематод в прикорневой почве древесных растений, произрастающих в центрах интродукции на территории Северо-Запада России.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- 1) Изучить основные характеристики (разнообразие фауны, численность и структуру) сообществ нематод, обитающих в прикорневой почве древесных растений при интродукции (на примере ботанических садов и центров интродукции Северо-Запада России);
- 2) Изучить основные характеристики сообществ нематод, обитающих в прикорневой почве древесных растений в естественных условиях произрастания (на примере лесных биоценозов Республики Карелия и ряда других регионов РФ);
- 3) Сравнить параметры сообществ нематод, обитающих в прикорневой почве древесных пород, как при интродукции, так и в естественных биоценозах;
- 4) Сравнить комплексы фитопаразитических нематод прикорневой почвы древесных пород (с учетом травянистых сообществ) при интродукции и в естественных биоценозах;
- 5) Исследовать проблему случайного заноса новых видов паразитических нематод с посадочным материалом при интродукции древесных растений в ботанических садах.

Научная новизна. Впервые было проведено исследование влияния преднамеренной интродукции древесных растений, проводимой в эстетических целях и для сохранения/увеличения биоразнообразия, на сообщества почвообитающих нематод в условиях Севера: показаны особенности сообществ нематод в прикорневой почве древесных растений в центрах интродукции (ботанические сады и природный парк) на Северо-Западе России. Выявлено увеличение разнообразия, численности и относительного обилия фитопаразитических нематод в почве под древесными интродуцентами. Обнаружены редкие для РК виды фитопаразитических нематод. Найден новый для территории РФ вид энтомопатогенной нематоды.

Практическая значимость. Занос чужеродных видов в местные сообщества нарушает естественные механизмы саморегуляции экосистем, что может приводить к изменению микроклиматических характеристик среды обитания видов, к обеднению или

обогащению флор и фаун, что впоследствии способствует трансформации состава и структуры почвенной фауны и изменению функционирования почвенных экосистем. Также к числу возможных последствий такого заноса можно отнести изменение численности и разнообразия нематод-паразитов растений и более широкое их расселение, что вызывает необходимость изучения этой группы организмов с практической точки зрения, т.к. часть из них являются карантинными объектами, опасными вредителями сельскохозяйственных культур, снижают урожай, являются переносчиками вирусов растений. В этой связи изучение влияния интродукции растений на разнообразие фауны и структуру сообществ почвенных нематод, включая вероятность заноса чужеродных видов, является актуальной проблемой, решение которой позволит прогнозировать последствия антропогенных воздействий на структуру и особенности функционирования почвенных экосистем.

Личный вклад автора в получении научных результатов. Автор лично принимал участие в подготовке научно-квалификационной работы: постановке и решении задач исследования, сборе и камеральной обработке полевого материала; анализе (статистическая обработка и интерпретация данных) и опубликовании результатов.

Публикации. По материалам научно-квалификационной работы опубликовано 27 работ, из них 7 статей – в журналах, рекомендованных ВАК.

Место выполнения работы: Научно-исследовательская работа выполнялась в течение 2013-2017 гг. на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биологии Карельского научного центра Российской академии наук (ИБ КарНЦ РАН) в лаборатории паразитологии животных и растений. Научный руководитель: к.б.н. Матвеева Е.М.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность своим научным руководителям к.б.н. Матвеевой Е.М. и к.б.н. Сушук А.А. за руководство работой, помощь и поддержку. Автор благодарит Лаврову В.В. и всех сотрудников лаборатории паразитологии животных и растений ИБ КарНЦ РАН за многочисленные советы и консультации.

Методическая часть

Район исследования

Полевые работы выполнены в период 2013-2016 гг. Отбор образцов из верхнего корнеобитаемого слоя почвы под кронами древесных растений производился в следующих центрах интродукции Республики Карелия (РК), Архангельской и Мурманской обл.:

1) Природный парк «Валаамский архипелаг», РК (61°22'54.35"с.ш., 30°56'09.37"в.д.).

Изучены 8 видов деревьев: пихта сибирская *Abies sibirica* Ledeb., пихта бальзамическая *Abies balsamea* (L.) Mill., сосна сибирская *Pinus sibirica* Du Tour, лиственница сибирская *Larix sibirica* Ledeb., ясень обыкновенный *Fraxinus excelsior* L., дуб черешчатый *Quercus robur* L., липа сердцевидная *Tilia cordata* Mill., вяз шершавый *Ulmus glabra* Huds.

2) Ботанический сад Петрозаводского государственного университета, РК (61°50'36,94" с.ш., 34°23'19,27" в.д.).

Изучены 10 видов деревьев: пихта сибирская *A. sibirica*, пихта бальзамическая *A. balsamea*, сосна сибирская (кедровая) *P. sibirica*, лиственница сибирская *L. sibirica*, сосна Веймутова *Pinus strobus* L., ель канадская, или сизая *Picea glauca* (Moench, Voss), дуб черешчатый *Q. robur*, липа сердцевидная *T. cordata*, вяз гладкий *Ulmus laevis* Pall., клен остролистный *Acer platanoides* L.

3) Ботанический сад ФГУК «Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник», Архангельская обл. (65°05'00.23" с.ш.; 35°65'77.22" в.д.).

Изучены 7 видов деревьев: пихта сибирская *A. sibirica*, пихта бальзамическая *A. balsamea*, сосна сибирская (кедровая) *P. sibirica*, лиственница сибирская *L. sibirica*, лиственница Гмелина *Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen., дуб черешчатый *Q. robur*, липа сердцевидная *T. cordata*.

4) Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина, Мурманская обл. (67°38' с.ш.; 33°40' в.д.).

Изучены 8 видов деревьев: пихта сибирская *A. sibirica*, лиственница сибирская *L. sibirica*, дуб черешчатый *Q. robur*, липа сердцевидная *T. cordata*, вяз шершавый *U. glabra*, клен остролистный *A. platanoides*, клен татарский *Acer tataricum* L., ясень маньчжурский *Fraxinus mandshurica* Rupr.

Для сравнения и определения направленности изменений параметров сообществ почвообитающих нематод под воздействием интродукции древесных растений были исследованы следующие естественные биоценозы: сосняк лишайниковый (о. Б. Соловецкий), сосняк лишайниково-каменистый и ельник злаково-разнотравный (о. Святой, Валаамский архипелаг РК), группа деревьев липы мелколистной и вязовая роща (Сайнаволоок, окрестности г. Петрозаводска РК); липняк (о. Долгий, Кижский архипелаг РК); липняк (о. Сато, Кижский архипелаг РК); липняк (заповедник «Кивач», Кондопожский район РК); лиственничник разнотравный и смешанный лес с сосной кедровой (Лахденпохский район РК); липняк (Приокско-Террасный заповедник, Московская область); участки широколиственного леса с преобладанием ясеня (г. Машук, Ставропольский край); участки широколиственного леса с преобладанием дуба (г. Машук, Ставропольский край); дубрава (Центрально-Черноземный заповедник, Курская область).

Методы исследования

Отбор почвенных образцов производился в 9 повторностях с использованием почвенного бура ($d=2$ см). Выделение нематод из почвы, их фиксацию, изготовление микропрепаратов осуществляли по общепринятым в нематологии методикам (Кирьянова, Кралль, 1969; van Bezooijen, 2006). Идентификацию осуществляли на основе морфологических параметров нематод, а также с применением молекулярно-генетических методов (для отдельных таксонов нематод). Распределение таксонов нематод по эколого-трофическим группам производили по Йетсу с соавторами (Yeates et al., 1993): бактериотрофы (Б), микотрофы (М), политрофы (М), хищники (Х), паразиты растений (Пр) и ассоциированные с растениями нематоды (Аср). Перевод наименований трофических групп и адаптация к русскому языку проведена согласно Матвеевой, Сущук (2016). Последние две трофические группы (Пр и Аср) были объединены под термином «нематоды-фитотрофы», облигатные и факультативные фитотрофы, соответственно.

В качестве основных показателей, характеризующих фауну и структуру сообществ нематод, использовали плотность популяций нематод, таксономическое разнообразие фауны, эколого-трофическую структуру сообществ нематод. Кроме того, для выявления особенностей сообществ нематод при интродукции растений использовали ряд эколого-популяционных индексов, разработанных зарубежными учеными: индекс зрелости сообществ нематод ΣMI (Bongers, 1990), индексы обогащения и структурирования почвенной трофической сети (EI и SI), индекс преобладающего пути разложения органического вещества (CI) (Ferris et al., 2001). Данные индексы также были адаптированы в российской науке карельскими нематологами (Матвеева, Сущук, 2016).

Вследствие малого числа повторностей при статистической обработке данных был использован *H*-критерий Краскела–Уоллиса. Различия между группами считали достоверными при $p < 0.05$. Расчеты выполнены при помощи программы PAST 1.68. (Hammer et al., 2001). Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования ИБ КарНЦ РАН «Комплексные фундаментальные и прикладные исследования особенностей функционирования живых систем в условиях Севера».

Основная часть

1. Основные характеристики (видовое разнообразие, численность, эколого-трофическая структура) сообществ нематод, обитающих в прикорневой почве древесных растений при интродукции на территории Северо-Запада России

1.1. Сообщества почвообитающих нематод в местах произрастания древесных растений-интродуцентов на территории природного парка о.Валаам

Фауна нематод в верхнем корнеобитаемом слое почвы под кронами древесных интродуцентов на о. Валаам была представлена 49 родами. Наибольшее таксономическое разнообразие отмечено для дуба черешчатого и вяза шершавого. Разнообразие фитопаразитических нематод в почве древесных интродуцентов составляло от 4 до 6 родов, различий между хвойными и лиственными деревьями не было показано. Среди фитопаразитических нематод под интродуцентами наиболее часто встречались представители родов *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus* и *Pratylenchus*, являющиеся экто- и эндопаразитами корневой системы широкого круга растений-хозяев. Среди редко встречаемых видов были отмечены *Nagelus leptus* (Allen, 1955) Siddiqi (под пихтой бальзамической), *Paratrichodorus pachydermus* Seinhorst, 1954 (под пихтой бальзамической и дубом черешчатым), *Cephalenchus leptus* Siddiqi, 1963 (под вязом шершавым), -виды, которые ранее были единично обнаружены в парках и агроценозах г. Петрозаводска. Комплекс нематод, ассоциированных с растениями, практически не различался в зависимости от вида интродуцента. Плотность популяций нематод под большинством исследованных древесных интродуцентов имела средние для биоценозов Республики Карелия значения и статистически не различалась между хвойными и лиственными насаждениями ($p > 0.05$). Исключением является лиственница сибирская, для которой отмечен значительный подъем численности за счёт вклада групп бактериотрофов и микотрофов. Численность факультативных фитотрофов имела невысокие значения и варьировала между биоценозами: более высокие показатели по сравнению с другими отмечены для пихты сибирской, лиственницы, дуба и вяза. Корнеобитаемый слой почвы всех исследованных биоценозов характеризовался достаточно высокой заселенностью группы паразитов растений с максимальными значениями для хвойных интродуцентов. Наибольшая численность *Pr* отмечена для сосны сибирской. Анализ эколого-трофической структуры сообществ почвообитающих нематод показал преобладание бактериотрофов, паразитов растений и микотрофов независимо от вида растения. Паразиты растений занимают доминирующее или второе по значимости положение под хвойными и

лиственными интродуцентами, однако, для первых доля фитопаразитов была более высока. Хищники характеризовались низким вкладом в сообщества. Индекс зрелости ΣMI сообществ нематод имел достаточно высокие значения для всех исследованных биотопов, однако этот показатель в среднем был выше под лиственными интродуцентами по сравнению с хвойными, что говорит о более благоприятных условиях обитания именно в прикорневой почве лиственных пород, где обитают виды с различными экологическими предпочтениями, т.е. сообщества более разнообразны и стабильны. Индекс преобладающего пути разложения органики варьировал между биотопами: наибольшие значения отмечены для пихты бальзамической, ясеня и липы, что указывает на преимущественно грибной тип деструкции, наименьшие – для пихты сибирской, дуба и вяза, где этот процесс осуществляется в основном микробной массой. Расчет значений эколого-популяционных индексов показал, что большинство исследованных биотопов характеризуются сложными почвенными трофическими сетями и ненарушенными почвенными экосистемами. Использование графического представления соотношения эколого-популяционных индексов позволяет отнести сформированные здесь почвенные экосистемы к ненарушенным. Посадки лиственницы сибирской по соотношению индексов SI (ниже 50) и EI (выше 50) рассматриваются как высоко нарушенные с деградированными почвенными экосистемами.

1.2. Сообщества почвообитающих нематод в местах произрастания древесных растений-интродуцентов на территории ботанического сада Петрозаводского государственного университета

В корнеобитаемом слое растений-интродуцентов на территории ботанического сада ПетрГУ было найдено 55 таксонов нематод. Среди исследованных биотопов наибольшим таксономическим разнообразием нематод выделялись посадки ели канадской, пихты бальзамической, липы сердцевидной и клена остролистного; наименьшим – лиственницы сибирской, сосны Веймутова, пихты сибирской и сосны кедровой. Разнообразие фитопаразитических нематод в почве под интродуцентами не имело значительных различий между исследованными биоценозами и было представлено следующими родами: *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Tylenchorynchus*, *Nagelus*, *Helicotylenchus*, *Cephalenchus*. В местах посадок древесных интродуцентов найдены редкие для региона виды нематод – *Cephalenchus leptus*, *Nagelus leptus*. Количество родов нематод, ассоциированных с растениями, варьировало от 3 до 6 и не зависело от принадлежности интродуцента к хвойным или лиственным породам. Плотность популяций нематод изменялась в широких пределах, но показатель был более выровнен

для посадок лиственных деревьев. Среди хвойных пород численность нематод имела как крайне низкие (лиственница), так и высокие (пихта бальзамическая, пихта сибирская) значения. Паразиты растений в почве под двумя видами пихт и лиственницей сибирской имели низкую численность, тогда как другие интродуценты характеризовались достаточно высоким значением этого показателя. Из группы паразитов растений высокую плотность имели представители рода *Paratylenchus*. Исследование эколого-трофической структуры сообществ нематод показало, что бактериотрофы, микотрофы и паразиты растений являются преобладающими группами. В почве под хвойными культурами доминируют бактериотрофы, субдоминантами в большинстве случаев выступают микотрофы. В структуре сообществ под посадками лиственных пород снижается доля нематод-бактериотрофов (от 43.6% до 27.1%, в среднем) и увеличивается доля паразитов растений (от 13.8% до 29.2%) по сравнению с хвойными породами. Особое положение занимают места посадок пихты сибирской и бальзамической за счет высокого относительного обилия нематод-бактериотрофов и микотрофов и низкого – паразитов растений. Сильное затенение и обильный опад из неразложившейся хвои вокруг стволов привел к формированию мертвопокровных участков. Крайне низкое развитие травянистой растительности – основного источника питания фитопаразитов – обусловило низкие значения разнообразия и относительного обилия нематод данной группы. Показано, что индекс ΣMI имеет наименьшие значения для биотопов с посадками некоторых хвойных деревьев (сосна Веймутова, ель канадская и пихта сибирская). Под лиственными интродуцентами сообщества почвенных нематод более разнообразны и стабильны (индекс ΣMI возрастает), т. к. в нем существуют виды с различной устойчивостью к условиям среды и усложняются почвенные пищевые сети. Посадки большинства хвойных культур по соотношению эколого-популяционных индексов рассматриваются как нарушенные экосистемы с деградированной почвенной трофической сетью, что может быть обусловлено особенностями местообитаний (скальные выходы, малая глубина плодородного слоя и др.) или интенсивной антропогенной нагрузкой. Индекс CI , описывающий процесс разложения органики, показал варьирование значений независимо от породы интродуцента с тенденцией увеличения значений в почве под хвойными породами. Самые высокие значения (60–78) определены в местах произрастания лиственницы, пихты бальзамической и сибирской, что позволяет сделать вывод о значительной активности почвенных грибов в деструкции органики в данных биотопах. Причиной может быть накопление в подстилке трудноразлагаемых растительных остатков, трансформация которых осуществляется в основном грибами (Звягинцев и др.,

2005). Под остальными интродуцентами индекс имел как низкие (сосна кедровая, клен, вяз), так и средние (сосна Веймутова, ель канадская, липа, дуб) значения, т. е. разложение органики происходит при доминировании бактериальной компоненты или сбалансированном участии двух групп.

1.3. Сообщества почвообитающих нематод в местах произрастания древесных растений-интродуцентов на территории ботанического сада ФГУК «Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник»

Фауна нематод в прикорневой почве растений-интродуцентов о. Большой Соловецкий представлена 50 родами, из которых 8 являются фитопаразитическими, 5 - ассоциированными с растениями и 1 – представитель энтомопатогенных нематод. Среди деревьев-интродуцентов наибольшее разнообразие нематод было показано для пихты бальзамической, наименьшее для двух видов лиственниц. Для большинства исследованных биотопов разнообразие паразитических нематод составляло 3-4 рода, отличается по этому показателю пихта бальзамическая с наибольшим разнообразием фитопаразитов и лиственница с наименьшим. Почва в подкroновом пространстве исследованных дендроинтродуцентов более равномерно населена нематодами, ассоциированными с растениями (3-5 таксонов), за исключением лиственницы сибирской, для которой отмечен всего один вид нематод данной эколого-трофической группы. Среди фитопаразитических нематод наиболее часто под деревьями-интродуцентами встречались представители родов *Pratylenchus* и *Paratrichodorus*, являющиеся паразитами корневой системы широкого круга растений-хозяев, включая древесные хозяйственно-значимые культуры, также последний род является вирусносителем, способным инокулировать вирусы в растения и переносить их во время миграций в почве от одного растения к другому. Кроме того, в ходе изучения фауны паразитических нематод ботанического сада в месте произрастания лиственницы сибирской были обнаружены личинки энтомопатогенной нематоды *Steinernema affine* (Bovien, 1937). Проведение морфологического и молекулярно-филогенетического анализа позволило определить, что данный вид обнаружен впервые для Российской Федерации (основной ареал – Европа). Находка данного вида в северном регионе показывает актуальность проведения дальнейших исследований для изучения путей проникновения паразитических видов нематод, в том числе при интродукции растений.

Численность нематод в условиях интродукции на Б. Соловецком острове варьировала: более высокие значения этого показателя отмечены для хвойных пород по сравнению с лиственными. Численность паразитов растений и нематод, ассоциированных

с растениями, в прикорневой почве большинства интродуцентов также значительно варьировала. Среди последних наиболее многочисленным является род *Pratylenchus*. Согласно литературным источникам, данный род является причиной снижения интенсивности роста растений, как было показано для плодовых деревьев (Деккер, 1972). Анализ эколого-трофической структуры сообществ нематод не показал сходного ряда доминирования для исследованных биотопов, образованных интродуцентами. В почве подкоронового пространства большинства деревьев отмечается доминирование бактериотрофов и микотрофов. Однако в некоторых случаях происходит возрастание доли *Аср* и *Пр*. Так, для лиственницы сибирской показан большой отрыв группы доминанта – паразиты растений, доля которой составляла больше 70% от фауны. В среднем более высокая доля бактериотрофов, нематод, ассоциированных с растениями, и паразитов растений отмечена для хвойных интродуцентов, процент оставшихся групп (микотрофы, политрофы и хищники), напротив, возрастал в почве под лиственными породами.

Индекс зрелости сообществ нематод ΣMI имел высокие значения для всех исследованных биоценозов, что свидетельствует о разнообразных и стабильных сообществах почвообитающих нематод в данных биотопах. Значения индексов преобладающего пути разложения органического вещества показали, что в данном процессе для большинства исследованных биоценозов преобладающее значение имеют бактерии, за исключение лиственницы сибирской, где грибы приобретают большую значимость в этом процессе. Установлено, что большинство исследованных биотопов по соотношению эколого-популяционных индексов характеризуются структурированными трофическими сетями и ненарушенными почвенными экосистемами. В то же время биотоп, образованный сосной кедровой оценивался как высоко нарушенный. Также для биотопа, образованного лиственницей сибирской, трофическая сеть рассматривается как деградированная, а почвенная экосистема как находящаяся в условиях стресса.

1.4. Сообщества почвообитающих нематод в местах произрастания древесных растений-интродуцентов на территории Полярно-альпийского ботанического сада-института

Результаты исследования показали, что фауна почвенных нематод в корнеобитаемом слое почвы растений-интродуцентов ботанического сада представлена 52 таксонами нематод. Наибольшим таксономическим разнообразием почвообитающих нематод выделялись посадки дуба черешчатого и вяза шершавого, наименьшим – лиственницы сибирской и клёна остролистного. Несмотря на достаточно высокое разнообразие фауны в местах посадок клена, ясеня, вяза и липы, структура сообществ

почвообитающих нематод имеет низкую выровненность за счет супердоминирования отдельных таксонов (главным образом, нематод рода *Rhabditis*). По разнообразию фитопаразитических нематод также отличался биотоп с дубом (6 родов). Среди паразитов растений в прикорневой почве интродуцентов найдены редкие для Севера и Северо-Запада России виды нематод: *Nagelus leptus*, *Cephalenchus leptus*, *Rotylenchus robustus* (de Man, 1876), *Paratrichodorus pachydermus*. Нематоды сем. Trichodoridae были встречены в 3 исследованных биотопах из 8 и представляют особый интерес, т. к. паразитируют на корнях хозяйственно значимых групп растений. Общая численность нематод под древесными растениями-интродуцентами имела невысокие значения, однако, для ясеня маньчжурского и лиственницы сибирской отмечен значительный подъем численности. Численность и относительное обилие фитопаразитических нематод варьировали. Виды лиственных интродуцентов характеризовались более высокими значениями этих показателей, для некоторых из которых Pr составляли больше 50 % от фауны. Отмечен высокий уровень доминирования в нематодофауне для некоторых видов фитопаразитических нематод (*Rotylenchus robustus*, *Helicotylenchus pseudorobustus* (Steiner, 1914)), которые относятся к мигрирующим эктопаразитам, способным погружаться в ткань корня и увеличивать численность в период вегетации в несколько раз (Буторина и др., 2006), и тем самым наносить большой ущерб растениям. Относительное обилие нематод, ассоциированных с растениями, не превышало 5 - 8 % от фауны для большинства интродуцентов. В ходе исследования эколого-трофической структуры сообществ нематод было показано, что в почве под большинством исследованных культур доминирующей группой выступали бактериотрофы, субдоминантами становятся паразиты растений (клен, вяз, дуб) или микотрофы (ясень, лиственница и позиция группы-доминанта под пихтой). В структуре сообществ под посадками хвойных пород снижается доля нематод-паразитов растений, увеличивается доля микотрофов и политрофов по сравнению с лиственными породами. Индекс ΣMI имел высокие значения для всех исследованных биоценозов, для лиственницы отмечается некоторое снижение этого показателя. Индекс преобладающего пути разложения органического вещества CI показал, что деструкция в почве под посадками лиственных культур идет с преимущественным участием бактерий, тогда как под хвойными значимость микодеструкции несколько возрастает. Использование эколого-популяционных индексов показало, что большинству ценозов с интродуцентами свойственны сложные трофические сети и малонарушенные почвенные экосистемы с высокими значениями индекса

структурирования. Биотоп с посадками ясеня маньчжурского по соотношению эколого-популяционных индексов рассматривается как высоко нарушенный.

Кроме того, в прикорневой почве ясеня маньчжурского, вяза шершавого, лиственницы сибирской, клёна татарского для нематод вида *Rhabditis producta* (Schneider, 1866) было отмечено явление «endotokia matricida» (от греч. tokos – рождение, лат. matricida – матереубийца) или «matricidal hatching» (матрицидное вылупление) (Кулинич, 1987). В популяциях *Rhabditis producta* присутствовали самки, содержащие личинок второго возраста в полости тела. Частота встречаемости матрицидного вылупления достигала 44% от всех самок в популяции. Согласно литературным данным феномен присущ не виду, а отдельным особям популяции, и вызывается какими-либо неблагоприятными условиями среды, например, недостатком пищевых ресурсов (Johnigk, Ehlers, 1999; Chen, Caswell-Chen, 2003).

Таким образом, исследования в центрах интродукции на Северо-Западе России позволили выявить особенности сообществ почвообитающих нематод, к числу которых можно отнести высокую численность и разнообразие группы паразитов растений; наличие редких и нетипичных для региона таксонов паразитов. Формирование особых микроклиматических условий в подкroновом пространстве деревьев при интродукции в ботанических садах и парках, т.е. особая структура растительного покрова, свойства почвы, перераспределение света, осадков и минеральных веществ самим деревом, создание мягкого режима температуры и влажности почвы, способствуют возникновению таких характерных черт в сообществах нематод. Совокупность условий, сформировавшихся в подкroновом пространстве древесных интродуцентов в нашем исследовании, привела к доминированию растений семейства Rosaceae в напочвенном покрове. Известно, что представители данного семейства являются предпочтительными объектами для питания паразитических видов нематод, вследствие чего и могло происходить увеличение численности и разнообразия фитопаразитов (Буторина и др., 2007; Wardle et al., 2003; Viketoft et al., 2005). Высокие значения численности и относительного обилия паразитических нематод растений вызывают опасения причинения вреда растению. Например, нематоды рода *Paratylenchus*, которые достигали значительных показателей численности и доли в ряде исследованных точек, при низкой численности популяции стимулируют рост корней и даже улучшают урожай сельскохозяйственных культур, но, достигая популяций в тысячи особей на кубический сантиметр почвы, они вызывают увядание плодовых деревьев и кустарников, а также культурных злаков (Рысс, 2012, Сушук и др., 2016). Находки редких для данной

территории таксонов фитопаразитических нематод показывает актуальность проведения исследований в биоценозах под влиянием антропогенной трансформации, выражающейся в изменении ареалов организмов, включая паразитических, т.е. их проникновение и распространение при интродукции растений в экосистемы Севера. Кроме того, в прикорневой почве многих интродуцентов во всех центрах интродукции были найдены нематоды сем. Trichodoridae, которые относятся к опасным вредителям корневой системы хозяйственно значимых групп растений (плодовые, ягодные, овощные, декоративные и древесные культуры) и способны к инокуляции вирусных инфекций растений.

2. Основные характеристики (видовое разнообразие, численность, эколого-трофическая структура) сообществ нематод, обитающих в прикорневой почве древесных растений, произрастающих в лесных биоценозах РК и ряда других регионов РФ

2.1. Нематоды прикорневой почвы древесных растений, произрастающих в лесных биоценозах РК.

В данном исследовании в качестве контроля были использованы биоценозы, в которых исследуемые древесные породы естественно произрастают, находятся в пределах ареала или вкраплены в качестве рефугиумов в типичные для Республики Карелия биоценозы. Для большинства исследуемых видов-интродуцентов были подобраны биоценозы с преобладанием того же вида дерева, для некоторых биотопов использованы участки леса, в которых эдификатором был тот же род растения.

Результаты исследования показали, что разнообразие нематод в прикорневой почве древесных растений, произрастающих в лесных биоценозах РК (10 точек), варьировало от 22 до 48 родов. Наименьшие значения отмечены для островных сосняков и лиственничника, наибольшие – для групп широколиственных деревьев в окрестностях г. Петрозаводска (Сайнаволоок), где также отмечено высокое разнообразие группы паразитов растений, тогда как в остальных биоценозах данная группа либо отсутствовала, либо была представлена 2-3 таксонами. Территория района Сайнаволоок в окрестностях города Петрозаводска является рефугиумом южной тайги, где помимо таежной флоры, обитают неморальные виды растений. Район отличается высоким видовым богатством растений, плодородными почвами (Лантратова и др., 2003), тем самым обеспечивая многообразие местообитаний и косвенно способствуя более высокому разнообразию почвенных нематод в целом и группы паразитов растений в частности. Общая численность имела как крайне низкие значения (район Сайнаволоок), так и достаточно высокие показатели для

островных лесов (о. Святой, Валаамский архипелаг) за счет группы нематод *Asp* для ельника и *M* для сосняка. Численность фитопаразитических нематод в лиственных и хвойных лесах имела низкие значения, паразиты растений отсутствовали на территории исследованных сосняков. Нематоды, ассоциированные с растениями, напротив, представлены в сообществах в достаточно высокой плотности.

В целом, эколого-трофическая структура сообществ нематод в почве на территории исследованных биоценозов характеризовалась преобладанием бактериотрофов, микотрофов и нематод, ассоциированных с растениями.

Индекс зрелости сообществ нематод имел достаточно высокие значения для большинства исследованных биотопов, что свидетельствует о разнообразных и стабильных сообществах почвенных нематод в них. На основе индекса *CI* было показано, что разложение органического вещества в почве лесов, образованных хвойными породами, осуществляется грибным компонентом, в то время как для лиственных лесов в данном процессе преобладающее положение занимают бактерии. Почвенная трофическая сеть большинства исследованных биоценозов по соотношению эколого-популяционных индексов является структурированной, а почвенная экосистема ненарушенной.

2.2. Нематоды прикорневой почвы древесных пород Европейской части РФ

В результате исследования почвы в местах естественного произрастания лиственных пород деревьев на территории Европейской части РФ показано высокое таксономическое разнообразие нематод (34-49 таксонов). Прикорневая почва исследованных пород деревьев характеризовалась широкой представленностью группы паразитов растений, а также наличием таксонов нематод, которые либо редко встречаются на территории Республики Карелия (*Punctodera*, *Longidorella*, *Paratylenchoides*), либо на данный момент не были обнаружены (*Xiphinema*). Общая численность нематод, а также численность нематод-фитотрофов имела невысокие значения во всех исследованных биоценозах. Доминирующими группами в эколого-трофической структуре сообществ нематод выступали бактериотрофы, микотрофы и политрофы. Также достаточно высокий процент отмечен для групп нематод, трофически связанных с растениями (*Asp* и *Pr*). Индекс зрелости имел высокие значения во всех обследованных точках, что свидетельствует о благоприятных условиях среды обитания для нематод, однако, следует отметить некоторое снижение его показателя в биоценозах, образованных дубом и ясенем (г. Машук). Территория памятника природы г. Машук находится под постоянным антропогенным прессом, который выражается в использовании данной местности в целях рекреации: уплотнение почвы приводит к изменению условия обитания для растений и

животного населения почвы (Квартыч, 2016). Такое ухудшение характеристик среды обитания отражается на сообществах почвенных нематод, в составе которых начинают преобладать менее специализированные, более устойчивые к нарушениям виды. Но в целом, большинство исследованных биоценозов на основе эколого-популяционных индексов оцениваются как ненарушенные со структурированными почвенными трофическими сетями. Значения индекса *CI* указывают на высокую активность бактерий в разложении органики, за исключением почвы в подкроновом пространстве дуба, где индекс *CI* возрастает и, следовательно, здесь преобладающие позиции в данном процессе занимает грибная компонента.

В целом, полученные нами данные согласуются с литературными, что позволяет говорить о сходных закономерностях формирования сообществ почвенных нематод в лесных биоценозах в различных регионах мира (Кудрин, 2011; Magnusson, 1983; Sohlenius, Bostrom, 2001; Hanel, 2010; Пиев, Пиева, 2014). Отсутствие или низкая представленность группы паразитов растений в естественных хвойных лесах, как правило, объясняется крайне низким развитием травянистой растительности, основного источника питания фитопаразитов, вследствие наличия обильного опада из неразложившейся хвои вокруг стволов, благодаря чему здесь формируются мертвопокровные участки.

Высокая численность и относительное обилие нематод, ассоциированных с растениями, в лесных почвах объясняется возможностью нематод этой трофической группы, помимо питания на эпидермальных клетках корня, переходить на питание почвенными грибами, являющимися основными деструкторами органического вещества в кислых лесных почвах (Звягинцев и др., 2005). В литературе имеются сведения о высокой численности нематод *Acp* в местах произрастания *Picea sp.* (Hanel, 2008) и *Pinus sylvestris* (Sohlenius, Bostrom, 2001; Hanel, 2008). Однако некоторые отличия между естественными биоценозами в широтном градиенте все же были отмечены. Так, для более южных естественных лесов (Ставропольский край, Курская область, Московская область) показано наличие таксонов, которые на территории Республики Карелия пока не обнаружены (*Xiphinema*) вследствие их требовательности к более высокой температуре почвы (Деккер, 1972) или редки (*Pratylenchoides*, *Longidorella*), что в целом подтверждает закономерность снижения разнообразия паразитических видов в северных экосистемах по сравнению с более южными местообитаниями (Соловьева, 1986).

3. Сравнение характеристик сообществ нематод, обитающих в прикорневой почве древесных растений в естественных условиях произрастания и при интродукции

Для определения направленности изменений в сообществах почвообитающих нематод под воздействием интродукции древесных растений было проведено сравнение их основных параметров с теми же характеристиками сообществ нематод из корнеобитаемого слоя естественно произрастающих деревьев. В результате выявлено, что изменения в таких показателях как таксономическое разнообразие (общее и группы паразитов растений) и эколого-трофическая структура сообществ почвообитающих нематод для большинства исследованных древесных пород имели сходные закономерности. Однако в некоторых случаях, направленность этих изменений различалась между хвойными и лиственными породами. Так, таксономическое разнообразие нематод в почве под интродуцированными деревьями снижалось при сравнении с естественными лиственными лесами или оставалось на уровне для хвойных лесов. Разнообразие паразитов растений в прикорневой почве интродуцированных лиственных пород деревьев либо не отличалось от такового в естественных условиях произрастания, либо немного снижалось. Исследованные естественные биоценозы с лиственными породами имели более высокое разнообразие и пёстрый состав напочвенного покрова, а также богатые почвы, что в совокупности могло приводить к увеличению, как общего списка таксонов нематод, так и группы паразитов растений, в частности. Для участков, образованных хвойными интродуцентами, наблюдалась противоположная ситуация: разнообразие нематод–паразитов растений повышалось или оставалось неизменным по сравнению с естественными хвойными лесами РК, в напочвенном покрове которых преобладают мхи и лишайники, не являющиеся предпочтительными для питания нематод данной группы. Обнаружение большего разнообразия паразитических родов нематод, включая редкие для региона виды, такие как *Nagelus leptus*, служит в пользу гипотезы о проникновении новых и распространении редких видов фитопаразитических нематод при интродукции растений в экосистемы Севера. Численность и относительное обилие фитопаразитических нематод повышалось при интродукции древесных пород (в среднем 20% от фауны), в то время как большинство естественных биоценозов характеризовались высокой долей нематод, ассоциированных с растениями, и политрофов, что согласуется с исследованиями отечественных и зарубежных авторов (Кудрин, 2011; Сущук и др., 2017; Sohlenius, Bostrom, 2001;

Hanel, 2008). Для естественных биоценозов Республики Карелия, средняя доля паразитов растений в сообществе нематод составляет 1,4–3,6% (Груздева и др., 2011).

Значения эколого-популяционных индексов сообществ почвообитающих нематод показывают, что интродукция не вызывает значительных нарушений в почвенных экосистемах. Соотношение индексов, характеризующих состояние почвенной трофической сети, для большинства исследованных биоценозов с интродуцированными деревьями, как и для естественных лесов, указывает на структурированную и стабильную трофическую сеть, а почвенную экосистему характеризует как ненарушенную. В то же время, ботанический сад, находящийся за полярным кругом (ПАБСИ), занимает особое положение: здесь для большинства исследованных древесных растений отмечаются значительный отрыв группы-доминанта (Б) в структуре сообществ нематод, высокие значения индекса обогащения почвенной трофической сети и преобладание бактериального пути в разложении органики, что может рассматриваться как реакция сообществ нематод на внесение удобрений в почву в условиях постоянного ухода за саженцами на территории ботанического сада. Кроме того, для битопы, образованного интродуцированным ясенем, наблюдается ухудшение состояния почвенной экосистемы, которая по соотношению индексов *SI* и *EI* рассматривается как нарушенная. На неблагоприятные для жизнедеятельности и размножения нематод условия окружающей среды указывает и обнаруженное здесь под несколькими интродуцированными растениями явление «*endotokia matricida*» – факультативное внутриутробное развитие, отмеченное для рабдитид (до 40% от всех самок популяции) и обеспечивающее функционирование живых организмов в экстремальных природно-климатических условиях.

Таким образом, увеличение таксономического разнообразия паразитов растений, их численности и доли в сообществе почвообитающих нематод под большинством исследованных интродуцентов по сравнению с естественными биоценозами Республики Карелия можно объяснить особыми микроклиматическими условиями, складывающимися в подкрановом пространстве древесных интродуцентов. Локальные условия, такие как отсутствие сомкнутого полога леса, особый режим влажности и освещенности, а также искусственное обогащение почвы минеральными и органическими веществами определяют более благоприятные условия обитания и богатую кормовую базу для паразитов растений.

Выводы:

1. Выявлены высокое таксономическое разнообразие, численность и доля фитопаразитических нематод в прикорневой почве древесных пород при интродукции на Северо-Западе России;
2. Для естественных биоценозов РК показано снижение доли паразитов растений в сообществах, а также увеличение нематод, ассоциированных с растениями и политрофов: вклад группы паразитов растений возростал при продвижении с севера на юг и от хвойных к лиственным лесам;
3. При сравнении биоценозов с естественно-произрастающими и интродуцированными древесными растениями показано изменение следующих характеристик сообществ нематод: таксономическое разнообразие и эколого-трофическая структура, другие параметры оказались менее информативны;
4. Находки новых и редких для Северо-Запада России таксонов нематод показывает актуальность проведения дальнейших исследований для изучения экологических последствий деятельности человека на экосистемы Севера.

Заключительная часть

В результате проведенного исследования были выявлены особенности сообществ почвенных нематод (достаточно высокая численность и разнообразие группы паразитов растений; наличие редких и нетипичных для региона таксонов фитопаразитов и других групп почвенных нематод); получены новые данные о разнообразии фауны нематод и структуре их сообществ при интродукции древесных пород на территории Северо-Запада России. Показано увеличение таксономического разнообразия паразитов растений, их численности и относительного обилия под исследованными интродуцентами по сравнению с естественными биоценозами Республики Карелия. Среди паразитов растений в прикорневой почве интродуцентов найдены редкие для Севера и Северо-Запада России виды нематод, такие как *Nagelus leptus*, *Cephalenchus leptus*, *Rotylenchus robustus*, *Paratrichodorus pachydermus*; среди других эколого-трофических групп нематод был обнаружен новый для Российской Федерации вид энтомопатогенных нематод – *Steinernema affine*. Этому способствуют особые микроклиматические условия в подкroновом пространстве деревьев при интродукции в ботанических садах и парках (перераспределение света, осадков и минеральных веществ, создание мягкого режима температуры и влажности почвы). Так, в нашем исследовании установлено доминирование растений семейства Роасеае в напочвенном покрове подкroнового пространства древесных интродуцентов, которые являются предпочтительными объектами для питания многих видов паразитических нематод, вследствие чего и происходит увеличение численности и разнообразия фитопаразитов (Буторина и др., 2007; Wardle et al., 2003; Vikeft et al., 2005).

Полученные закономерности сообществ почвообитающих нематод могут быть связаны с влиянием комплекса факторов: локальные условия местообитаний, посадка новых для данной территории растений и посев семенного материала, искусственное обогащение почвы минеральными и органическими веществами и др. Кроме того, для нематод вида *Rhabditis producta*, найденных в прикорневой почве интродуцированных деревьев на территории Мурманской области (ПАБСИ), обнаружен адаптивный механизм (*endotokia matricida*), связанный с необходимостью обеспечения оптимальных условий для выживания потомства в неблагоприятных условиях окружающей среды, которые определяются климатическими особенностями региона и, возможно, антропогенным вмешательством. В целом, характеристики, описывающие сообщества почвенных нематод в естественных биоценозах, не различались между хвойными и лиственными лесами.

Однако, наблюдалась тенденция к увеличению таксономического разнообразия в последних. Поскольку естественные лиственные леса по сравнению с хвойными характеризовались более южным широтным расположением либо являлись рефугиумами, то можно сделать вывод о наличии тенденции к увеличению таксономического разнообразия в направлении с севера на юг, что подтверждается рядом исследований (Соловьева, 1986; Voag, Yeates, 1998; Nielsen et al., 2014).

Полученные данные в совокупности с возрастающими в последние десятилетия проблемами глобальных климатических изменений и антропогенным прессом показывают необходимость проведения дальнейших исследований. Привлечение эдафических и метеорологических показателей, возрастных и других особенностей интродуцированных деревьев в дальнейших исследованиях позволят выявить ключевые факторы, определяющие формирование сообществ нематод в условиях интродукции.

Список основных публикаций:

Matveeva E.M., Sushchuk A.A., **Kalinkina D.S.** Effectiveness of ecosystem condition and function indices used in soil nematology // Journal of Nematology. 2014. V. 46, № 2. P.73. (Web of Science).

Диева Д.С., Сушук А.А. Фауна почвенных нематод городских парков (на примере г. Петрозаводска) // Молодежь в науке-2013: прил. к журналу «Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі». Серия биологические науки. Ч. 4. Изд-во «Белорусская наука». Минск. 2014. С. 51-56.

Калинкина Д.С., Сушук А.А., Матвеева Е.М. Особенности комплексов нематод-фитотрофов ризосферы широколиственных пород деревьев при интродукции и в пределах естественного ареала // Труды Центра паразитологии / Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. Т. XLIX: Систематика и экология паразитов. Товарищество научных изданий КМК, Москва, 2014. С. 111-115. (РИНЦ).

Kalinkina D.S., Spiridonov S.E. First report of *Steinernema affine* (Bovien, 1937) Wouts, Mracek, Gerdin and Bedding, 1982 from Russian Federation // Russian Journal of Nematology. 2015. V.23, № 2. P. 153-154. (Web of Science)

Kalinkina D.S., Sushchuk A.A., Matveeva E.M. Soil nematodes in the rhizosphere of woody plants on the BolshoySovetskyIsland // Russian Journal of Nematology. 2015. Vol. 23, № 2. – P.157.(Web of Science)

Матвеева Е.М., Сушук А.А., **Калинкина Д.С.** Экспериментальное изучение популяционных характеристик нематод-фитотрофов в течение вегетационного периода под воздействием тяжелых металлов // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Серия Экспериментальная биология. 2015. № 12. С.1-11. (РИНЦ)

Матвеева Е.М., Сушук А.А., **Калинкина Д.С.** Сообщества почвенных нематод агроценозов с монокультурами (на примере Республики Карелия) // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Серия Экологические исследования. 2015. № 2. С. 16-32.(РИНЦ).

Матвеева Е.М., Сушук А.А., **Калинкина Д.С.** Сообщества почвенных нематод агроценозов с монокультурами (на примере Республики Карелия) // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Серия Экологические исследования. 2015. № 2. С. 16-32.(РИНЦ)

Калинкина Д.С., Сушук А.А., Матвеева Е.М. Особенности сообществ почвенных нематод в условиях интродукции древесных растений // Экология. 2016. № 5. С. 360-367.(Web of Science)

Калинкина Д.С., Матвеева Е.М., Сушук А.А. Заселенность фитопаразитическими нематодами ризосферы древесных интродуцентов в ботанических садах Северо-Запада России // Материалы шестой Международной научной конференции «Биологическое разнообразие. Интродукция растений», Санкт-Петербург. 2016. С. 406-409. (РИНЦ).

Сушук А.А., **Калинкина Д.С.**, Платонова Е.А. Сообщества почвенных нематод в условиях интродукции древесных растений на территории Ботанического сада Петрозаводского государственного университета // Hortus Botanicus, 2016. Т. 11. С. 157-170. Url: <http://hb.karelia.ru> (РИНЦ).

Сущук А.А., Матвеева Е.М., **Калинкина Д.С.** Почвенные нематоды лесных биоценозов особо охраняемых природных территорий Республики Карелия // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2017. № 4. С. 49-61. (РИНЦ)

Перечень всероссийских и международных конференций

Результаты научно-квалификационной работы представлены на **13** международных и всероссийских научных мероприятиях:

10-м Международном симпозиуме Российского общества нематологов (Голицыно, 2013);

Международной научной конференции «Молодежь в науке – 2013» (Минск, 2013);

Международной научной конференции «Систематика и экология паразитов» (Москва, 2014);

6-м Международном нематологическом Конгрессе (Южная Африка, Кейптаун, 2014);

19-й Международной Пущинской школе-конференции молодых учёных «Биология – наука 21 века» (Пушино, 2015);

18-м Международном Конгрессе по защите растений (Германия, Берлин, 2015);

11-м симпозиуме Российского общества нематологов с международным участием «Нематоды и другие Ecdysozoa» (Чебоксары, 2015);

Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 70-летию КарНЦ РАН (Петрозаводск, 2016);

6-й Международной научной конференции «Биологическое разнообразие и интродукция растений» (Санкт-Петербург, 2016);

научной конференции «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями» (Москва, 2016);

Международной научной конференции «Фауна и экология паразитов» (Москва, 2016);

32 - м симпозиуме Европейского общества нематологов (Португалия, Брага, 2016);

Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Научные исследования в заповедниках и национальных парках России» (Петрозаводск, 2016).

Конкурсные проекты, в рамках которых выполнялись исследования:

В качестве исполнителя участвовала:

1. в проекте ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы: «Структура и формирование паразитарных систем островных биоценозов Севера», 2012-2013 гг., руководитель: д.б.н., Иешко Е.П., № г.р. 01201274588.

2. в проекте Программы фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий» на 2012-2014 гг.: «Динамика почвенных экосистем лугов Карелии при различных видах антропогенной трансформации», руководитель - к.б.н. Матвеева Е.М., № г.р. 01201262102.

3. в проекте Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие. Рациональное использование биологических ресурсов России: фундаментальные основы управления» на 2015-2017 гг.: «Рациональное использование пахотных земель Европейского Севера: почвенная и биологическая индикация и пути сохранения продуктивности», руководитель -к.б.н. Матвеева Е.М.

4. в проекте РФФИ №14-34-50855 мол_нр «Изучение фаунистических комплексов фитопаразитических и энтомопатогенных нематод при интродукции древесных растений в условиях Севера», руководитель – д.б.н. Спиридонов С.Э.

5. в проекте РФФИ №15-04-07675 «Роль климатических изменений и антропогенных воздействий в формировании комплексов нематод, связанных с растениями», руководитель – к.б.н. Матвеева Е.М.

6. в проекте РФФИ №15-04-04625 «Исследование экспрессии защитных реакций растений при инвазии паразитическими нематодами и влияния их на популяцию паразитов», руководитель – д.б.н. Зиновьева С.В.

7. в проекте РФФИ №16-34-00650 мол_а «Морфо-физиологические и молекулярно-генетические аспекты развития фитопаразитической нематоды при индуцированной устойчивости растения-хозяина», руководитель – к.б.н. Лаврова В.В.

Список созданных результатов интеллектуальной деятельности (РИД) по результатам научно-исследовательской работы:

1. База данных «Почвенные нематоды агроценозов Республики Карелия». Авторы: Матвеева Е.М., Сушук А.А., **Калинкина Д.С.** Дата регистрации в реестре баз данных 12 января 2015 г. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620020.

2. База данных «Почвенные нематоды ризосферы интродуцированных древесных растений на территории Северо-Запада России». Авторы: Сушук А.А., **Калинкина Д.С.**, Матвеева Е.М. Дата государственной регистрации в Реестре баз данных - 8 февраля 2017 г. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017620156.