

Научная статья

УДК 631.4

DOI: 10.37102/0869-7698_2022_224_04_5

Вклад почвоведов ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН в решение актуальных экологических проблем региона

Е.А. Жарикова✉, Л.Н. Пуртова, В.И. Голов

Елена Анатольевна Жарикова

кандидат биологических наук, доцент

ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток,
Россия

ejarikova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1752-8720>

Людмила Николаевна Пуртова

доктор биологических наук

ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток,
Россия

purtova@biosoil.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7776-7419>

Владимир Иванович Голов

доктор биологических наук

ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток,
Россия

golov@biosoil.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8142-8006>

Аннотация. В статье обсуждаются проблемы сохранения почв как природного ресурса и естественной среды обитания живых организмов. Рассматриваются особенности трансформации почвенного покрова под влиянием агро- и техногенеза и наиболее вероятные пути восстановления почв с учетом специфики Дальневосточного региона России. Сделан акцент на биологические факторы восстановления супрессивной способности почв и их плодородия в условиях интенсивной эксплуатации.

Ключевые слова: почвы, физико-химические и агрохимические свойства, органическое вещество, микроорганизмы, элементный состав, загрязнение

Для цитирования: Жарикова Е.А., Пуртова Л.Н., Голов В.И. Вклад почвоведов ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН в решение актуальных экологических проблем региона // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 4. С. 47–60. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_224_04_5.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000134-6).

Original article

Contribution of soil scientists of the FSC of Biodiversity FEB RAS to the solution of topical environmental problems of the region

E.A. Zharikoiva, L.N. Purtova, V.I. Golov

Elena A. Zharikoiva

Candidate of Sciences in Biology, associate professor
Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok,
Russia
ejarikova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1752-8720>

Lyudmila N. Purtova

Doctor of Sciences in Biology
Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok,
Russia
purtova@biosoil.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7776-7419>

Vladimir I. Golov

Doctor of Sciences in Biology
Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok,
Russia
golov@biosoil.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8142-8006>

Abstract. The article discusses the problems of soil conservation as a natural resource and the natural habitat of living organisms. The features of the transformation of the soil cover under the influence of agro- and technogenesis and the most likely ways of soil restoration, taking into account the specifics of the Far Eastern Region of Russia, are considered. The emphasis is placed on the biological factors of restoring the suppressive ability of soils and its fertility under conditions of intensive exploitation.

Keywords: soils, physicochemical and agrochemical properties, organic matter, microorganisms, elemental composition, pollution

For citation: Zharikoiva E.A., Purtova L.N., Golov V.I. Contribution of soil scientists of the FSC of Biodiversity FEB RAS to the solution of topical environmental problems of the region. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(4):47-60. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_224_04_5.

Funding: The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme №121031000134-6).

Российский Дальний Восток в почвенно-географическом отношении – это обширная область перехода от Тихого океана к Евразийскому материку с весьма разнородным по составу и строению почвенным покровом. Значительная протяженность региона (от арктических тундр до приближенных к субтропическим лесам) и различная степень влияния прибрежных морей и океана на сушу определяют чрезвычайную пестроту условий почвообразования, широкое разнообразие генезиса почв и сложность их классификации и диагностики. В этой ситуации неизбежно возникают проблемы учета и оценки почв как ресурсной компоненты территории, санации и восстановления почв, нарушенных и загрязненных в процессе освоения и эксплуатации [1].

Оценить степень влияния глобальных климатических изменений и антропогенной деятельности на современное состояние почв и выявить тренды изменения их состава и свойств можно только в сравнении с эталонными природными почвами особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Инвентаризация почв заповедников, систематизация литературных и фондовых материалов позволили уточнить систематический список почв ООПТ на основе Почвенной карты Приморского края масштаба 1:500 000 и показали, что почвенный покров заповедников региона заметно различается по составу и полностью отражает закономерности формирования почв на однородных по природным условиям территориях [2].

Рассмотрено разнообразие почв заповедника «Сихотэ-Алинский», восточной и юго-восточной части заповедника «Ханкайский» (и прилегающих территорий), изучены особенности их морфологии и свойств, описаны почвы, которые либо не учтены совсем, либо весьма условно могут быть внесены в современные систематические списки [3, 4]. Установлено, что разнообразие природных факторов на территории Дальневосточного морского заповедника способствует формированию на сравнительно небольшой площади широкого спектра почв – от слабообразованных до полигенетических, выявлены особенности гумусообразования [5]. Анализ морфологического облика профиля, параметров гумусового состояния и элементного состава островных почв южной части Дальневосточного морского заповедника подтверждает полученные ранее сведения об изменении климата и трансгрессии океана в юго-западной части тихоокеанского побережья региона в голоцене. Наличие полигенетических профилей с реликтовыми горизонтами указывает на прерывистость почвообразования вследствие эпизодических процессов седиментогенеза и непродолжительных флуктуаций климата. Показано, что воздействие орнитогенного фактора является причиной обогащения почв отдельными элементами в результате их транспортировки из морских экосистем и накопления на поверхности суши в продуктах жизнедеятельности птиц. При этом депонирование в почвах орнитогенных ландшафтов значительного количества фосфора и тяжелых металлов препятствует их поступлению в сопредельные среды [6].

Сотрудники отдела лесных и почвенных ресурсов продолжают инвентаризацию почв региона, в том числе и в труднодоступных районах. Выявлены особенности почвообразования прибрежных территорий (юго-западная часть Приморья), северной оконечности Восточно-Маньчжурских гор. Выполнена подробная характеристика почв, составлен их список в системе классификации почв России и WRB (международной классификации почв), выявлены типы почв, не отраженных в последней версии классификации почв России. Установлено, что сочетание своеобразных климатических условий (длительный безморозный период, повышенное количество осадков) и преобладающей северокорейской и

маньчжурской флоры на прибрежной территории Японского моря способствует формированию большого разнообразия почв на относительно узкой прибрежной полосе суши. Приведено морфологическое описание почв, выполнена статистическая обработка параметров физико-химического состояния по профилю почв [7, 8]. Исследованы морфологические и физико-химические свойства почв острова Уруп Курильской гряды и уточнена их классификационная принадлежность [9].

Изучены почвы, сформированные в условиях природных катастроф – вулканические почвы п-ова Камчатка. Установлено, что большинству охристых и слоисто-охристых почв Восточного побережья и Центральной Камчатской депрессии свойственны очень низкие и низкие запасы гумуса фульватного состава. Агрогенные почвы отличались более высокими запасами гумуса в слое 0–20 см вследствие изменения их физических параметров при распашке и использовании в земледелии [10]. В синлитогенных почвах Камчатки не выявлено существенных различий содержания слабоизученных редких и редкоземельных элементов между естественными и агрогенными аналогами, но при определении запасов исследованных элементов установлено значительное увеличение их количества в корнеобитаемом слое пахотных почв [11].

Совместно с коллегами из Тихоокеанского института географии ДВО РАН созданы почвенная карта бассейна р. Усури масштаба 1:100 000 и цифровая почвенная карта масштаба 1: 50 000 бассейна р. Правая Соколовка (южная часть хребта Сихотэ-Алинь, Приморский край). Анализ систематизированных материалов позволил выявить степень участия различных почвообразовательных факторов в формировании неоднородности состава почвенного покрова водосбора рек [12, 13].

Активное жилищное и хозяйственное строительство, развитие транспортной сети, проведение новых и ремонт существующих коммуникаций приводят к загрязнению и деградации городских почв и зеленых насаждений, что может ухудшить комфортность среды обитания и здоровье горожан, снизить инвестиционную привлекательность жилых и общественно-деловых кварталов. Впервые выполнена оценка геохимического состояния почв различных функциональных зон урболандшафтов Приморья на основе индексов загрязнения и установлена величина потенциального экологического риска. Степень загрязнения почв различных функциональных зон городов увеличивается в ряду: рекреационная < многоэтажной застройки < транспортно-селитебная < малоэтажной застройки, при этом уровень загрязнения варьирует от оценки «чистая» до оценки «сильно загрязненная». Анализ элементного состава почв свидетельствует о том, что процесс урбанизации оказывает значительное влияние не только на динамические агрохимические свойства, но и на фундаментальные характеристики почв. Игнорирование важности состояния почвенного покрова городских территорий является одной из причин неудовлетворительного состояния растительности городских газонов [14–16].

Установлено фоновое содержание нефтяных углеводородов (НУВ) в наиболее распространенных почвах Приморья, Нижнего Приамурья и Северного Сахалина, выявлен характер их распределения по профилю почв с максимумом в органо-генных горизонтах. Установлено, что почвы элювиальных ландшафтов содержат меньшее количество НУВ по сравнению с почвами аккумулятивных территорий. Содержание нефтяных углеводородов в абраземах Нижнего Приамурья оценивается как допустимое, уровень загрязнения в абраземах на Северном Сахалине варьирует от низкого до очень высокого. Уровень загрязнения большинства

антропогенно-преобразованных почв Приморья характеризуется как допустимый, хотя содержание в них нефтепродуктов намного превышает фоновое. Наибольшее локальное загрязнение выявлено в почвах участков автозаправочных станций и придорожных полос автодорог с асфальтовым покрытием [17, 18].

Избыточное применение минеральных удобрений и химических средств защиты растений в наиболее развитых странах негативно воздействует на агропочвы. Наши исследования последних лет показали, что почвы, сдаваемые муниципальными властями в пользование китайским арендаторам, деградируют значительно быстрее, чем у отечественных производителей растениеводческой продукции. Практически повсеместно наблюдается снижение содержания гумуса и подвижного калия, отчетливо выражен процесс фосфатизации не только пахотного слоя, но и нижележащих горизонтов, увеличено валовое содержание тяжелых металлов в поверхностных слоях. Наиболее ярко эти явления выявлены на участках иностранных землепользователей. Отмечено захламление почвенной толщи участков, арендованных гражданами КНР, фрагментами укрывного материала. Показана необходимость постоянного мониторинга состояния почв [19–21].

Для повышения коэффициента использования минеральных удобрений сельскохозяйственными культурами предложена технология внесения удобрений в смеси с природными адсорбентами в форме гуматов, которые обладают амфотерными свойствами и поглощают не только катионы, но и анионы, повышая коэффициент их усвоения до 90 % [22]. На разработанную технологию получены 2 патента, 17 апробированных и принятых ТУ на производство минеральных удобрений из отходов горно-обогатительных комбинатов, в основном работающих на территории Приморья, а также несколько золотых медалей на производимые торфогуминовые удобрения.

В настоящее время заметно растет популярность биологического земледелия как альтернатива конвенциональному, основанному на интенсивной химизации, мелиорации и механизации сельскохозяйственного производства; востребованным становится применение микробиологических препаратов. Основой для создания нового перспективного биопрепарата для санации и улучшения свойств почв и повышения урожайности зерновых являются штаммы аборигенных азотфиксирующих, фосфат- и калийсолюбилизирующих бактерий, выделенные из почв длительного стационарного опыта ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. Экспериментально установлено, что данные штаммы и их сочетания обладают высокой потенциальной способностью стимулировать прорастание семян и развитие проростков, что приводит к увеличению урожайности ярового ячменя (на 25,9 %) и яровой пшеницы (на 16,2 %). Выявлено положительное воздействие использования полученных консорциумов бактерий на увеличение доступности элементов питания в почвах Приморского края [23–25]. Получено 6 патентов на разработанные биопрепараты.

Подтверждено, что постоянно увеличивающаяся концентрация CO₂ в атмосфере не только оказывает прямое воздействие на климат Земли, но и значительно изменяет структуру и функционирование микробных сообществ в почвах. Выявлено, что снижение количества доступного почвенного азота на фоне многолетнего использования удобрений в полевом опыте является следствием угнетения аминокетотрофной и азотфиксирующей микрофлоры (при одновременном росте численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота). Такие изменения в структуре почвенного микробиоценоза напрямую влияют на

природный азотистый обмен в почвах и в дальнейшем могут негативно отразиться на общем минеральном балансе почвы [26, 27].

Установлено, что летучие метаболиты сапрофитных почвенных бактерий являются регуляторными факторами для патогенных бактерий *L. monocytogenes* и могут стимулировать (или ингибировать) их распространение, поскольку служат для них единственным источником углерода и энергии [28]. Изучена амилолитическая, протеолитическая и липолитическая способность для 11 культур микроорганизмов, выделенных из загрязненных органическими отходами почвенных экосистем. Установлено, что наибольшим суммарным деструктивным потенциалом по отношению к жирам, белкам и углеводам обладает штамм *B. subtilis* Ф-III-1. Исследуемые микроорганизмы рода *Bacillus* и *Trichoderma* показали антибактериальное и противогельминтное действие [29].

На первый план современных агроэкологических исследований в условиях глобальных климатических изменений выходит поиск новых недорогих технологий, при которых сочетаются минимальная обработка почвы с более полным усвоением углерода. Это особенно актуально на Дальнем Востоке, в пахотном фонде которого преобладают тяжелые почвы, быстро теряющие агрономически ценную структуру при механической обработке. Полевые опыты с применением биоугля (продукта низкоуглеродной технологии) в агротемногумусовых подбелах юга Приморского края (совместно с сотрудниками кафедры почвоведения ДВФУ) показали, что увеличение удельной поверхности и водоудерживающей способности внесенного биоугля при разложении способствует улучшению водно-физических и сорбционных свойств почв, в частности увеличению содержания в них органического углерода. Установлено значительное снижение кумулятивного потока почвенного CO_2 в вариантах с внесением биоугля по сравнению с контрольными участками в двухлетнем полевом эксперименте, что способствовало увеличению биомассы выращенных на исследуемых площадях сельскохозяйственных культур [30–32].

Следствием глобальных климатических изменений и интенсификации сельского хозяйства является усиление трансформации органического вещества в почвах природных и антропогенно-измененных экосистем юга Дальнего Востока. Исследования эмиссии углекислого газа, состава органического вещества, ферментативной активности почв и особенностей функционирования микробных сообществ в почвах автоморфного, полугидроморфного и гидроморфного ряда позволили выявить степень вклада почв естественных и антропогенных ландшафтов юга Дальнего Востока в общий поток эмиссии CO_2 и оценить интенсивность минерализационных процессов органического вещества в различных типах почв. Установлено, что наиболее весомый вклад в эмиссию углекислого газа вносят нативные буроземы и текстурно-метаморфические почвы с окислительным и контрастным окислительно-восстановительным режимами, тогда как агрогенные почвы вследствие отчуждения растительной массы и недостатка поступления в них свежего органического вещества выделяют меньшее количество CO_2 . Установлена тесная связь показателей эмиссии углекислого газа с содержанием гумуса, каталазной активностью почв и микробиологической деятельностью [33].

Впервые на основе использования метода хемодеструкционного фракционирования (ХДФ) установлены особенности качественного состава органического вещества почв природных, агрогенных и техногенных ландшафтов юга Приморья. Основные отличия выявлены в содержании доли легко- и трудноокисляемого

органического вещества, что является следствием различной интенсивности протекания окислительных и гумусообразовательных процессов в резко различающихся экологических условиях формирования почв [34].

Проблема рекультивации промышленных отвалов, воссоздания биологической продуктивности и экономической ценности нарушенных земель имеет важное хозяйственное и социальное значение. Впервые были подробно изучены процессы гумусообразования в почвах техногенных ландшафтов юга региона (Павловского, Лучегорского и Реттиховского угольных разрезов). Проведена сравнительная оценка гумусного состояния и основных физико-химических показателей почв нарушенных ландшафтов, расположенных в различных гидротермических провинциях Приморского края, установлена связь оптико-энергетических параметров почв с продуктивностью растительности на различных стадиях развития почвообразовательного процесса. Предложена система показателей для оценки экологического состояния эмбриоземов юга Приморья. Внесены предложения по проведению рекультивационных работ в районах угольных месторождений с указанием методов, способствующих более быстрому возобновлению растительного покрова, улучшению свойств исходного техногенного субстрата и созданию устойчивых биогеоценозов на отвальных породах [35–37].

В решении фундаментальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности России и укрепления ее позиций на международной арене разработка теоретических основ естественного восстановления плодородия почв в агроэкосистемах чрезвычайно актуальна. В почвах Приморского края энергопотери, связанные с уменьшением содержания гумуса, составляют в агротемногумусовых подбелах до 321 млн ккал/га, в агроторфяноглееземах этот показатель возрастает до 1000 млн ккал/га, что негативно сказывается на изменении экологического состояния почв в целом [38]. Одним из эффективных приемов стабилизации гумусного состояния и улучшения качества почв является фитомелиорация. Исследования, проведенные совместно с сотрудниками Центра агроботехнологий им. А.К. Чайки, позволили установить позитивное влияние посевов козлятника восточного, суданской травы и гречихи на показатели гумусного состояния агрообразованных почв [39]. В результате комплексных исследований по изучению особенностей влияния различных фитомелиорантов и системы поверхностной обработки на протекание процессов гумусообразования, функционирование микрофлоры, оптико-энергетические и агрохимические показатели почв Приморья установлено, что накопление гумуса сопровождалось снижением параметров интегрального отражения (R) и возрастанием каталазной активности. Это дает возможность использования R для индикации не только содержания гумуса, но и каталазной активности почв. На основе показателей ферментативной активности были рассчитаны интегральный показатель биологического состояния, рекомендованный для оценки текущей экологической обстановки в агрогенных почвах, а также пулы органического углерода. Выявлено, что наиболее благоприятные условия для протекания гумусообразовательного процесса и накопления гумуса складывались в вариантах с посевами бобовых, а также травосмесей бобовых и злаковых [40].

Реализация стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока сопровождается увеличением техногенной нагрузки на почвенный покров и приводит к вовлечению в миграционные циклы техногенных потоков с несвойственной для природных условий концентрацией химических элементов. Изучение в почвах тяжелых металлов, представляющих опасность для объектов окружающей

среды, является отдельным блоком научных направлений в ведущих странах мира. Специфические геолого-климатические условия формирования почв Тихоокеанского побережья России благоприятны для масштабного образования в них конкреций. Поиск путей стимулирования накопления конкрециями элементов-поллютантов служит основой для создания технологий управления процессами почвенного самоочищения, позволяющих снизить содержание высокого уровня токсичных элементов в почвенном растворе.

Комплексное изучение двух типов почв с активным проявлением процесса ортштейнообразования, широко используемых в земледелии региона, позволило выявить особенности физико-химических и оптических свойств и параметров их биологической активности. Установлено, что почвам с низкой обогащенностью каталазой и более высоким содержанием органического вещества свойственны более низкие значения параметров интегрального отражения. Выявлены различия в оптических показателях исследуемых почв и ортштейнов в системе CIE-L*a*b*. Ортштейны обоих типов почв характеризовались высоким уровнем проявления каталитической активности. Спецификой ортштейнов агротемногумусовых глеевых почв являлась активизация каталазной и каталитической активности и формирование многочисленных зон аккумуляции углерода внутри ортштейнов. Обогащенные углеродом зоны представляли собой активные центры окисления элементов с переменной валентностью, что способствовало формированию ортштейнов более крупных размеров в этих почвах. Накопление металлов конкрециями сопровождалось резким снижением подвижности тяжелых металлов и ограничением их поступления в почвенный раствор и объекты окружающей среды, что указывает на барьерно-регулирующую роль конкреций в процессе очищения почв [41].

Впервые установлен факт интенсификации накопления тяжелых металлов конкрециями почв техногенных ландшафтов. В конкрециях загрязненных почв формируются специфичные Fe–Mn фазы, в которых ионы Fe являются активными центрами фиксации металлов. Накопление металлов конкрециями сопровождается снижением подвижности элементов и ограничением их поступления в объекты окружающей среды. Мониторинг восстановления нарушенных почв методом фитомелиорации в течение 13 лет показал, что хотя содержание гумуса достигло среднего регионального уровня, гумусовые кислоты не формируют стабильных ионно-гумусовых комплексов и содержание тяжелых металлов в почвенном растворе остается высоким [42, 43].

Исследованы особенности геохимической дифференциации почвенного покрова обширной территории Дальнего Востока России. Впервые установлены фоновые уровни содержания радионуклидов, тяжелых металлов и малоизученных литофильных элементов в почвах. Выявлены факторы, определяющие их накопление и распределение в почвах, рассчитан вклад элементов техногенного генезиса в общий объем элементов. Конкретизирована локализация почв с естественным повышенным уровнем содержания бария, ртути, мышьяка и ванадия. Доказано, что пространственное распределение радионуклидов и литофильных элементов зависит от глобального атмосферного массопереноса веществ. Дополнительное аэральное поступление техногенных форм рубидия, иттрия и стронция достигает 28–48 % от общего содержания в почвах, увеличивая экологическую нагрузку на почвенный покров региона. Техногенный вклад в содержание радионуклидов варьирует от 1 до 22 %. Увеличение техногенного прессинга сопровождается

накоплением элементов в органогенных горизонтах почв в результате активизации органических и Fe–Mn фаз носителей. Полученные результаты могут быть использованы для усовершенствования экологического нормирования и создания технологий очищения почв от депонированных поллютантов [44, 45].

Выполнена геохимическая характеристика почв восточного побережья Северо-Сахалинской низменности, установлено фоновое содержание тяжелых металлов (ТМ). Легкий гранулометрический состав почвообразующих пород и высокая кислотность большинства почв обуславливают как низкое содержание в них ТМ, так и слабую обеспеченность растений подвижными формами необходимых микроэлементов (цинк, медь, марганец). Особенностью региона является слабое превышение содержания ртути в поверхностных слоях почв над кларком. В процессе педогенеза в поверхностных горизонтах происходит активная аккумуляция меди, мышьяка и ртути [46].

Для содействия реализуемой в Приморском крае Государственной программы развития сельского хозяйства, один из пунктов которой – ввод в оборот неиспользованной пашни и залежных земель, были проведены комплексные исследования агрохимических процессов, происходящих в старопахотных почвах. Установлено, что наиболее целесообразно вводить в сельскохозяйственный оборот залежи возрастом более 20 лет, поскольку за этот срок происходит восстановление агрофизических и агрохимических характеристик: снижается плотность сложения, улучшается структура, накапливается органическое вещество (гумус), увеличивается содержание подвижных форм элементов питания. Однако проведение рекультивации земель должно определяться не только производственной необходимостью, но и агроэкологической целесообразностью, поскольку накопленный за десятилетия положительный эффект может быть утрачен при распашке. При возвращении залежей в севооборот необходимы агротехнические мероприятия по сохранению плодородия почв, при этом основные усилия должны быть направлены на уменьшение кислотности почвы посредством известкования. Кроме того, залежи могут быть успешно трансформированы под сенокосы и пастбища. Почвы, подверженные переувлажнению, можно использовать под посевы влаголюбивых трав, которые могут давать большее количество фитомассы. Полученные результаты являются основой для создания технологии очищения и восстановления почв [47–50].

В настоящее время коллектив почвоведов ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН представлен тремя подразделениями (секторы почвоведения и экологии почв; органического вещества почв; биогеохимии), которые работают в тесном взаимодействии. Высокая квалификация сотрудников позволяет проводить разноплановые фундаментальные исследования по основным направлениям развития современного почвоведения. Налажены крепкие связи с коллегами из Дальневосточного федерального университета, Тихоокеанского института географии ДВО РАН, ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Института микробиологии ДВО РАН, Дальневосточного института геологии ДВО РАН и другими организациями, что обеспечивает высокий уровень совместных исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жарикова Е.А., Голодная О.М., Ознобихин В.И. Почвенный покров // Современная Россия: географическое описание нашего Отечества. Дальний Восток / отв. ред. В.М. Котляков, П.Я. Бакланов. М.: Паулсен, 2020. С. 112–120.

2. Голодная О.М. Состав почвенного покрова заповедников Приморского края // Биота и среда заповед. территорий. 2019. № 3. С. 104–123.
3. Костенков Н.М., Краснопеев С.М., Голодная О.М., Жарикова Е.А., Оздобихин В.И. Почвы и почвенный покров Сихотэ-Алинского природного государственного биосферного заповедника им. К.Г. Абрамова (с Атласом почв). Владивосток: Дальнаука, 2016. 90 с.
4. Жарикова Е.А., Голодная О.М. Почвы заповедника «Ханкайский» (участки «Журавлиный», «Чертово болото») // Биота и среда заповед. территорий. 2020. № 1. С. 39–61.
5. Жарикова Е.А., Пуртова Л.Н., Попова А.Д. К оценке гумусного состояния и ферментативной активности почв Дальневосточного морского заповедника // Вестн. Сев.-Вост. науч. центра ДВО РАН. 2020. № 4. С. 82–89.
6. Жарикова Е.А. Разнообразие и свойства почв южной части Дальневосточного морского заповедника // Биота и среда природ. территорий. 2021. № 2. С. 25–48.
7. Kostenkov N.M., Zharikova E.A. Soils of the Southwestern Part of the Pacific Coast of Russia // Eurasian Soil Science. 2018. Vol. 51, N 2. P. 140–152.
8. Костенков Н.М., Жарикова Е.А. Почвы северной оконечности Восточно-Маньчжурских гор (западное Приморье) // Вестн. ДВО РАН. 2017. № 2. С. 76–83.
9. Полохин О.В. Морфологические особенности и кислотно-основные свойства почв центральной части острова Уруп (Курильский архипелаг) // Науч. обозрение. Биол. науки. 2017. № 5. С. 18–22.
10. Kiseleva I.V., Purtova L.N., Kostenkov N.M. Composition and pools of humus in natural and agrogenic soils of the Kamchatka Peninsula // Eurasian Soil Science. 2016. Vol. 49, N 6. P. 613–621.
11. Жарикова Е.А. Содержание и запасы редких и редкоземельных элементов в нативных и пахотных почвах Камчатки // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та. 2018. № 5. С. 59–65.
12. Bugaets A.N., Pshenichnikova N.F., Tereshkina A.A., Krasnopeyev S.M., Gartsman B.I., Golodnaya O.M., Oznobikhin V.I. Digital Soil Map of the Ussuri river basin // Eurasian Soil Science. 2017. Vol. 50, N 8. P. 907–916.
13. Bugaets A.N., Pshenichnikova N.F., Tereshkina A.A., Lupakova S.Yu., Gartsman B.I., Shamov V.V., Gonchukov L.V., Golodnaya O.M., Krasnopeyev S.M., Kozhevnikova N.K. Digital soil mapping for hydrological modeling by the example of experimental catchments in the south of Primorsky Krai // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54, N 9. P. 1375–1384.
14. Жарикова Е.А. Слабоизученные потенциально опасные химические элементы в почвах урбанизированных территорий юга Приморья // Вестн. ДВО РАН. 2018. № 4. С. 105–112.
15. Жарикова Е.А. Тяжелые металлы в городских почвах: оценка содержания и экологического риска // Изв. Том. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. 2021. № 1. С. 164–173.
16. Жарикова Е. А., Голодная О.М. К вопросу о почвах городских газонов (на примере городов Приморья) // Вестн. ДВО РАН. 2019. № 4. С. 129–135.
17. Жарикова Е.А., Семаль В.А. Эколого-геохимическая оценка содержания нефтяных углеводородов в почвах таежной зоны нижнего Приамурья и северного Сахалина (Дальний Восток) // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2021. № 2. С. 40–47.
18. Жарикова Е.А. Содержание нефтепродуктов в естественных и антропогенных почвах Приморского края // Вестн. Воронежского гос. ун-та. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 2. С. 83–92.
19. Burdukovskii M.L., Golov V.I., Kovshik I.G. Changes in the agrochemical properties of major arable soils in the south of the Far East of Russia under the impact of their long-term agricultural use // Eurasian Soil Science. 2016. Vol. 49, N 10. P. 1174–1179.
20. Жарикова Е.А. Агрогенная трансформация аллювиальных почв на участках различных арендаторов на юге Приморья // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2017. № 4. С. 87–93.
21. Голов В.И., Бурдуковский М.Л., Иваненко Н.В., Попова Ю.А. Экологическое состояние пахотных почв Дальнего Востока и ближайшие перспективы их использования // Вестн. ДВО РАН. 2020. № 1. С. 66–74.
22. Голов В.И., Бурдуковский М.Л. Проблемы и успехи биологизации агроландшафтов в борьбе с деградацией почвенного покрова на Дальнем Востоке России // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Т. 4. Оптимизация сельскохозяйственных ландшафтов / под ред. В.Г. Сычева, Л. Мюллера. М.: Изд-во ВНИИ агрохимии, 2018. С. 83–87.
23. Бережная В.В., Клыков А.Г., Сидоренко М.Л., Слепцова Н.А., Тимофеева Я.О. Использование штаммов микроорганизмов для повышения урожайности яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Рос. с.-х. наука. 2020. № 6. С. 3–6.

24. Быковская А.Н., Сидоренко М.Л., Слепцова Н.А., Клыков А.Г., Бережная В.В., Колесникова Д.А. Применение агрономических ценных бактерий для повышения почвенного плодородия и урожайности ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) // Вестн. ДВО РАН. 2020. № 1. С. 75–82.
25. Сидоренко М.Л., Слепцова Н.А., Быковская А.Н., Бережная В.В., Клыков А.Г. Прорастание семян злаков под влиянием композиций азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий из почв, возделываемых в условиях Дальнего Востока // С.-х. биология. 2021. Т. 56, № 1. С. 146–157.
26. Sidorenko M.L. Ammonia-oxidizing bacteria respond to multifactorial global change // Пер. пробл. 2018. Т. 21. Вып. 1, № 3. С. 67–69.
27. Бойко А.Н., Сидоренко М.Л., Тимошинов Р.В. Влияние длительного применения удобрений на соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов различных по типу азотного питания // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. 2018. № 9. С. 62–67.
28. Сидоренко М.Л., Бузолева Л.С. Interaction of saprophytic soil bacteria and listeria monocytogenes via gaseous metabolites // Междунар. науч.-исслед. журн. 2018. Вып. 67, № 1/2. С. 82–83.
29. Сидоренко М.Л., Бузолева Л.С., Слепцова Н.А., Бойко А.Н. Определение деструктивного потенциала штаммов микроорганизмов по отношению к куриному помету // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. 2018. № 4. С. 68–74.
30. Попова А.Д., Семаль В.А., Бриксманс А.В., Нестерова О.В., Колесникова Ю.А., Бовсун М.А. Применение биоугля как мелиоранта и его влияние на изменение физических свойств агропочв юга Приморского края // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. 2019. № 6. С. 57–63.
31. Нестерова О.В., Семаль В.А., Бовсун М.А., Васенев И.И., Бриксманс А.В., Карпенко Т.Ю., Сакара Н.А. Изменение свойств агропочв юга Дальнего Востока России при внесении биоугля // Агротех. вестн. 2021. № 5. С. 18–23.
32. Bovsun M.A., Castaldi S., Nesterova O.V., Semal V.A., Sakara N.A., Brikmans A.V., Khokhlova A.I., Karpenko T.Y. Effect of biochar on soil CO₂ Fluxes from agricultural field experiments in Russian Far East // Agronomy. 2021. Vol. 11, N 8. P. 1559.
33. Purtova L.N., Shapova L.N., Kostenkov N.M. Assessing the humus status and CO₂ production in soils of anthropogenic and agrigenic landscapes in southern regions of the Russian Far East // Eurasian Soil Science. 2017. Vol. 50, N 1. P. 42–48.
34. Пуртова Л.Н. Показатели хеомодеструкционного фракционирования органического вещества почв природных и антропогенно преобразованных ландшафтов юга Приморья // Изв. вузов. Сев.-Кавказ. регион. 2021. № 3. С. 111–116.
35. Kostenkov N.M., Komachkova I.V., Purtova L.N. Soils of technogenic landscapes in the Far East: The Luchegorsk and Pavlovsk coal strip mines // Eurasian Soil Science. 2013. Vol. 46, N 11. P. 1049–1058.
36. Киселева И.В., Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Почвообразование в техногенных ландшафтах Приморья. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2016. 126 с.
37. Полохин О.В. Свойства почв развивающихся техногенных катен Приморского края (на примере отвалов угольного разреза «Павловский») // Междунар. науч.-исслед. журн.. 2018. № 11, Ч. 1. С. 129–132.
38. Пуртова Л. Н., Костенков Н.М. Содержание органического углерода и энергозапасы в почвах природных и агрогенных ландшафтов юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2009. 123 с.
39. Пуртова Л.Н., Щапова Л.Н., Емельянов А.Н., Босенко В.М. Влияние различных фитомелиорантов на плодородие агрогенных почв Приморья // Вестн. Краснояр. гос. агроном. ун-та. 2017. № 10. С. 121–129.
40. Пуртова Л.Н., Киселева И.В., Щапова Л.Н. Влияние фитомелиорации на процессы гумусоаккумуляции и микрофлору агрогенных почв Приморья. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2021. 109 с.
41. Purtova L.N., Timofeeva Y.O. Fine earth and nodules in agrogenic soils from the south of Primorskii region: physicochemical and optical properties, catalase and catalytic activity // Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54, N 12. P. 1481–1491.
42. Timofeeva Y., Purtova L., Emelyanov A., Burdukovskii M., Kiseleva I., Sidorenko M. Contents, distribution, and fractionation of soil organic carbon and trace elements in soils under a green manure application // Soil and Water Research. 2021. Vol. 16, N 1. P. 50–58.
43. Timofeeva Y., Karabtsov A., Ushkova M., Burdukovskii M., Semal V. Variation of trace element accumulation by iron-manganese nodules from Dystric Cambisols with and without contamination // Journ. of Soils and Sediments. 2021. Vol. 21. P. 1064–1078.
44. Mikhailovskaya L.N., Molchanova I.V., Pozolotina V.N., Zhuravlev Yu.N., Timofeeva Ya.O., Burdukovsky M.L. Radioactive contamination of the soil-plant cover at certain locations of Primorsky Krai,

Sakhalin Island and Kamchatka Peninsula: Assessment of the Fukushima fallout // *Journ. Environmental Radioactivity*. 2017. Vol. 172. P. 1–9.

45. Timofeeva Y.O., Kosheleva Y., Semal V., Burdukovskii M. Origin, baseline contents, and vertical distribution of selected trace lithophile elements in soils from nature reserves, Russian Far East // *Journ. of Soils and Sediments*. 2018. Vol. 18. P. 968–982.

46. Zharikova E.A. Geochemical characterization of soils of the eastern coast of the Northern Sakhalin Lowland // *Eurasian Soil Science*. 2017. Vol. 50, N 1. P. 34–41.

47. Burdukovskii M., Kiseleva I., Perepelkina P., Kosheleva Y. Impact of different fallow durations on soil aggregate structure and humus status parameters // *Soil and Water Research*. 2019. Vol. 15. P. 1–8.

48. Бурдуковский М.Л., Перепелкина П.А., Киселева И.В. Динамика растительности и свойств почв залежных экосистем // *Теоретическая и прикладная экология*. 2020. № 3. С. 78–83.

49. Бурдуковский М.Л., Перепелкина П.А., Голов В.И. Изменение агрофизических свойств залежных буроподзолистых почв Приморского края // *Вестн. ДВО РАН*. 2020. № 1. С. 60–65.

50. Burdukovskii M.L., Golov V.I., Perepelkina P.A., Kiseleva I.V., Timofeeva Y.O. Agrogenic and postagrogenic changes in physical properties and carbon stocks in dark-humus podbels // *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54, N 6. P. 943–950.

REFERENCES

1. Zharikova E.A., Golodnaya O.M., Oznobikhin V.I. Pochvennyi pokrov = [Soil cover]. In: *Sovremennaya Rossiya: geograficheskoe opisanie nashego Otechestva. Dal'nii Vostok*. Moscow: Paulsen; 2020. P. 112-120. (In Russ.).

2. Golodnaya O.M. Composition of the soil cover of the nature reserves of Primorye Territory. *Biota and Environment of Protected Areas*. 2019;(3):104-123. (In Russ.). <https://doi.org/10.25808/26186764.2019.18.3.008>.

3. Kostenkov N.M., Krasnopeev S.M., Golodnaya O.M., Zharikova E.A., Oznobikhin V.I. Pochvy i pochvennyi pokrov Sikhoteh-Alinskogo prirodnogo gosudarstvennogo biosfernogo zapovednika im. K.G. Abramova (s Atlasom pochv) = [Soils and soil cover of the Sikhote-Alin Natural State Biosphere Reserve named after V.I. K.G. Abramov (with the Atlas of Soils)]. Vladivostok: Dal'nauka; 2016. 90 p. (In Russ.).

4. Zharikova E.A., Golodnaya O.M. Soils of the Khankaiskiy Nature Reserve: the Zhuravlinyy and Chertovo boloto clusters. *Biota and Environment of Protected Areas*. 2020;(1):39-61. (In Russ.). <https://doi.org/10.25808/26186764.2020.34.69.002>.

5. Zharikova E.A., Purtova L.N., Popova A.D. On assessing the humus state and enzymatic activity of soils in Far Eastern Marine Reserve. *Vestnik of the FEB RAS*. 2020;(4):82–89. (In Russ.). <https://doi.org/10.34078/1814-0998-2020-4-82-89>.

6. Zharikova E.A. The diversity and basic properties of soils of the southern part of the Far Eastern Marine Biosphere Reserve. *Biota and environment of natural areas*. 2021;(2):25-48. (In Russ.). https://doi.org/10.37102/2782-1978_2021_2_4.

7. Kostenkov N.M., Zharikova E.A. Soils of the Southwestern Part of the Pacific Coast of Russia. *Eurasian Soil Science*. 2018;51(2):140-152. <https://doi.org/10.1134/S1064229318020059>.

8. Kostenkov N.M., Zharikova E.A. Soils of North Part of East-Manchurian Mountains (the west Primorye). *Vestnik of the FEB RAS*. 2017;(2):76-83. (In Russ.).

9. Polokhin O.V. Morphological peculiarities and acid-basic properties of the soil the central part of the Urup island (Kuril archipelago). *Scientific review*. 2017;(5):18-22. (In Russ.).

10. Kiseleva I.V., Purtova L.N., Kostenkov N.M. Composition and pools of humus in natural and agrogenic soils of the Kamchatka Peninsula. *Eurasian Soil Science*. 2016;49(6):613-621. <https://doi.org/10.1134/S1064229316040062>.

11. Zharikova E.A. Rare and rare-earth element content and reserves in native and arable soils of Kamchatka. *Vestnik of the AGAU*. 2018;(5):59-65. (In Russ.).

12. Bugaets A.N., Pshenichnikova N.F., Tereshkina A.A., Krasnopeev S.M., Gartsman B.I., Golodnaya O.M., Oznobikhin V.I. Digital Soil Map of the Ussuri river basin. *Eurasian Soil Science*. 2017;50(8):907-916. <https://doi.org/10.1134/S1064229317080038>.

13. Bugaets A.N., Pshenichnikova N.F., Tereshkina A.A., Lupakova S.Yu., Gartsman B.I., Sharmov V.V., Gonchukov L.V., Golodnaya O.M., Krasnopeev S.M., Kozhevnikova N.K. Digital soil mapping for hydrological modeling by the example of experimental catchments in the South of Primorsky Krai. *Eurasian Soil Science*. 2021;54(9):1375-1384. <https://doi.org/10.1134/S1064229321050057>.

14. Zharikova E.A. Poorly studied potentially dangerous elements in soils of urban areas in the South of Primorye. *Vestnik of the FEB RAS*. 2018;(4):105-112. (In Russ.).
15. Zharikova E.A. Assessment of heavy metals content and environmental risk in urban soils. In: *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2021;(1):164-173. (In Russ.). <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/1/3009>.
16. Zharikova E.A., Golodnaya O.M. On the issue of urban lawn soils (on the example of cities of Primorye). *Vestnik of the FEB RAS*. 2019;(4):129-135. (In Russ.).
17. Zharikova E.A., Semal V.A. Ecological-geochemical assessment of petroleum hydrocarbon content in soils of the taiga zone of the Lower Amur region and Northern Sakhalin (Far East). *Vestnik of the KRAUNTS. Nauki o Zemle*. 2021;(2):40-47. (In Russ.). <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2021-2-50-40-47>.
18. Zharikova E.A. Petroleum products content in natural and anthropogenic soils in the Primorsky Krai. *Proceedings of VSU. Series: Geography. Geoecology*. 2022;(2):83-92. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9089>.
19. Burdukovskii M.L., Golov V.I., Kovshik I.G. Changes in the agrochemical properties of major arable soils in the south of the Far East of Russia under the impact of their long-term agricultural use. *Eurasian Soil Science*. 2016;49(10):1174-1179. <https://doi.org/10.1134/S1064229316100057>
20. Zharikova E.A. Transformation of alluvial soils on various rented land sites in the south of Primorye. *Bulletin of the North-East Scientific Center, Russian Academy of Sciences Far East Branch*. 2017;(4):87-93. (In Russ.).
21. Golov V.I., Burdukovskii M.L., Ivanenko N.V., Popova Yu.A. The ecological state of the arable soil of the Far East and the immediate prospects for their use. *Vestnik of the FEB RAS*. 2020;(1):66-74. (In Russ.). <https://doi.org/10.25808/08697698.2020.209.1.007>.
22. Golov V.I., Burdukovskii M.L. Problems and successes in the biologization of agricultural landscapes in the fight against soil degradation in the Far East of Russia. In Viktor G. Sychev, Lothar Mueller editors. In: *Novel methods and results of landscape research in Europe, Central Asia and Siberia. 4. Optimising agricultural landscapes*. M.: Publishing House FSBSI «Pryanishnikov Institute of Agrochemistry»; 2018. P. 83-87. (In Russ.).
23. Berezhnaya V.V., Klykov A.G., Sidorenko M.L., Sleptsova N.A., Timofeeva Ya.O. Use of Microbial Strains to Increase Yields of Spring Soft Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Russian Agricultural Sciences*. 2020;(6):3-6. (In Russ.). <https://doi.org/10.3103/S1068367421010043>.
24. Bykovskaya A.N., Sidorenko, M.L. Sleptsova N.A., Klykov A.G., Berezhnaya V.V., Kolesnikova D.A. The agronomically valuable bacteria application for increasing of soil fertility and spring barley (*Hordeum vulgare* L.) productivity. *Vestnik of the FEB RAS*. 2020;(1):75-82. (In Russ.). <https://doi.org/10.25808/08697698.2020.209.1.008>.
25. Sidorenko M.L. Sleptsova N.A., Bykovskaya A.N., Berezhnaya V.V., Klykov A.G. Effect of nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing microorganisms from the far East agricultural soils on the cereal seed germination. *Agricultural Biology*. 2021;56(1):146-157. (In Russ.). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.1.146rus>.
26. Sidorenko M.L. Ammonia-oxidizing bacteria respond to multifactorial global change. *Regional problems*. 2018;21(3):67-69. [https://doi.org/10.31433/1605-220X-2018-21-3\(1\)-67-69](https://doi.org/10.31433/1605-220X-2018-21-3(1)-67-69).
27. Boyko A.N., Sidorenko M.L., Timoshinov R.V. The influence of long-term fertilizer application on ecological-trophic microbial groups ratio of different nitrogen nutrition types. *Vestnik of the AGAU*. 2018;(9):62-67. (In Russ.).
28. Sidorenko M.L. Buzoleva L.S. Interaction of saprophytic soil bacteria and listeria monocytogenes via gaseous metabolites. *International Research Journal*. 2018;67(1/2):82-83. (In Russ.).
29. Sidorenko M.L. Buzoleva L.S., Sleptsova N. A., Boyko A.N. Determination of the decomposing potential of microorganism strains chicken manure. *Vestnik of the AGAU*. 2018;(4):68-74. (In Russ.).
30. Popova A.D., Semal V.A., Brikmans A.V., Nesterova O.V., Kolesnikova Yu.A., Bovsun M.A. The use of biochar as an ameliorant and its effect on the change on physical properties of agricultural soils in the south of the Primorsky region. *Vestnik of the AGAU*. 2019;(6):57-63. (In Russ.).
31. Nesterova O.V., Semal V.A., Bovsun M.A., Vasenev I.I., Brikmans A.V., Karpenko T.YU., Sakara N.A. Changes of agricultural soils at the Far East of Russia due to biochar application. *Agrochemical vestnik*. 2021;5:18-23. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2021-5-004>.
32. Bovsun M.A., Castaldi S., Nesterova O.V., Semal V.A., Sakara N.A., Brikmans A.V., Khokhlova A.I., Karpenko T.Y. Effect of Biochar on Soil CO₂ Fluxes from Agricultural Field Experiments in Russian Far East. *Agronomy*. 2021;11(8):1559. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081559>.

33. Purtova L.N., Shapova L.N., Kostenkov N.M. Assessing the humus status and CO₂ production in soils of anthropogenic and agrogenic landscapes in southern regions of the Russian Far East. *Eurasian Soil Science*. 2017;50(1):42-48. <https://doi.org/10.1134/S1064229317010124>.
34. Purtova L.N. Indicators of chemodestructive fractionation of organic matter soils of natural and anthropogenic-transformed landscapes of the south of Primorye. In: *Bulletin of higher educational institution. North Caucasus region. Native Science*. 2021;(3):111-116. (In Russ.). <https://doi.org/10.18522/1026-2237-2021-3-111-116>.
35. Kostenkov N.M., Komachkova I.V., Purtova L.N. Soils of technogenic landscapes in the Far East: The Luchegorsk and Pavlovsk coal strip mines. *Eurasian Soil Science*. 2013;46(11):1049-1058. <https://doi.org/10.1134/S1064229313110057>.
36. Kiseleva I.V., Purtova L.N., Kostenkov N.M. Soil formation in technogenic landscapes of Primorye. Vladivostok: Publishing House of the Far Eastern Federal University; 2016. 126 p. (In Russ.).
37. Plokhin O.V. Properties of soils in developing technogenic catenas of Primorsky krai (on the example of Pavlovsky coal deposit wastes). *International Research Journal*. 2018;11(1):129-132. (In Russ.). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.77.11.024>.
38. Purtova L.N., Kostenkov N.M. Content of organic carbon and energy reserves in soils of natural and agricultural landscapes in the south of the Far East Russia: an estimation and methods of indication. Vladivostok: Dalnauka; 2009. 123 p. (In Russ.).
39. Purtova L.N., Shchapova L.N., Emelyanov A.N., Bosenko V.M. The influence of various phitoameliorants on the fertility of agrogenic soils of Primorye territory. *Vestnik of KrasSAU*. 2017;(10):121-129. (In Russ.).
40. Purtova L.N., Kiseleva I.V., Shchapova L.N. Influence of phytomelioration on the processes of humus accumulation and microflora of agrogenic soils in Primorye. Vladivostok: Publishing House of the Far Eastern Federal University; 2021. 109 p. (In Russ.). <https://doi.org/10.25221/agrosoils>.
41. Purtova L.N., Timofeeva Y.O. Fine earth and nodules in agrogenic soils from the south of Primorsky region: physicochemical and optical properties, catalase and catalytic activity. *Eurasian Soil Science*. 2021;54(12):1481-1491. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S1064229321120097>.
42. Timofeeva Y., Purtova L., Emelyanov A., Burdukovskii M., Kiseleva I., Sidorenko M. Contents, distribution, and fractionation of soil organic carbon and trace elements in soils under a green manure application. *Soil and Water Research*. 2021;16(1):50-58. <https://doi.org/10.17221/65/2020-SWR>.
43. Timofeeva Y., Karabtsov A., Ushkova M., Burdukovskii M., Semal V. Variation of trace element accumulation by iron-manganese nodules from Dystric Cambisols with and without contamination. *Journal of Soils and Sediments*. 2021;21:1064-1078. <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02814-w>.
44. Mikhailovskaya L.N., Molchanova I.V., Pozolotina V.N., Zhuravlev Yu.N., Timofeeva Ya.O., Burdukovskii M.L. Radioactive contamination of the soil-plant cover at certain locations of Primorsky Krai, Sakhalin Island and Kamchatka Peninsula: Assessment of the Fukushima fallout. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2017;172:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.02.006>.
45. Timofeeva Y.O., Kosheleva Y., Semal V., Burdukovskii M. Origin, baseline contents, and vertical distribution of selected trace lithophile elements in soils from nature reserves, Russian Far East. *Journal of Soils and Sediments*. 2018;18:968-982. <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1847-5>.
46. Zharikova, E.A. Geochemical characterization of soils of the eastern coast of the Northern Sakhalin Lowland. *Eurasian Soil Science*. 2017;50(1):34-41. <https://doi.org/10.1134/S106422931701015X>.
47. Burdukovskii M., Kiseleva I., Perepelkina P., Kosheleva Y. Impact of different fallow durations on soil aggregate structure and humus status parameters. *Soil and Water Research*. 2019;15:1-8. <https://doi.org/10.17221/174/2018-SWR>.
48. Burdukovskii M.L., Perepelkina P.A., Kiseleva I.V. Dynamics of vegetation and soil properties of fallow ecosystems. *Theoretical and Applied Ecology*. 2020;(3):78-83. (In Russ.). <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-3-078-083>.
49. Burdukovskii M.L., Perepelkina P. A., Golov, V.I. Changes in agrophysical properties of fallow brown podzolic soils in the Primorsky Region. *Vestnik of the FEB RAS*. 2020;(1):60-65. (In Russ.). <https://doi.org/10.25808/08697698.2020.209.1.006>.
50. Burdukovskii M.L., Golov V.I., Perepelkina P.A., Kiseleva I.V., Timofeeva Y.O. Agrogenic and postagrogenic changes in physical properties and carbon stocks in dark-humus podbels. *Eurasian Soil Science*. 2021;54(6):943-950. <https://doi.org/10.1134/S1064229321060041>.