

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ

*Сборник научных статей
по материалам
международной научно-практической конференции,
посвященной памяти почвовед-агрохимика
кандидата сельскохозяйственных наук, доцента
Валентины Федоровны Прокопчук*

(Благовещенск, 23–24 октября 2019 г.)

Благовещенск
Издательство
Дальневосточного государственного аграрного университета
2019

УДК 631.4:631.8

ББК 40.3+40.4

С56

Редакционная коллегия:

Е.Б. Захарова, д-р с.-х. наук, доц. – отв. редактор;

Е.А. Семёнова, д-р с.-х. наук, доц.

О.А. Пилецкая, канд. биол. наук, доц.

С56 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ: сб. науч. ст. по матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти почвовед-агрохимика канд. с.-х. наук, доц. В. Ф. Прокопчук (Благовещенск, 23–24 окт. 2019 г.) / Дальневост. гос. аграр. ун-т; отв. ред. д-р с.-х. наук, доц. Е. Б. Захарова. – Благовещенск: Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2019. – 142, [1]: ил.

ISBN 978-5-9642-0505-0

Представлены результаты научных исследований российских и зарубежных учёных по вопросам использования почвенного плодородия, химизации земледелия, экологии и биологии почв. Предназначен для научных сотрудников, специалистов АПК и руководителей сельскохозяйственных предприятий с различными формами хозяйствования, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

УДК 631.4:631.8

ББК 40.3+40.4

Авторы опубликованных статей несут ответственность за достоверность и точность приведенных фактов, цитат, экономико-статистических данных, собственных имен, географических названий и прочих сведений. Статьи приводятся в авторской редакции.

Печатается по решению редакционной коллегии

ISBN 978-5-9642-0505-0 © ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, 2019
© Оформление. Изд-во Дальневосточного государственного аграрного университета, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Научная деятельность почвоведа-агрохимика кандидата сельскохозяйственных наук, доцента В.Ф. Прокопчук <i>Науменко А.В.</i>	7
Изменение агрохимических показателей в системе почва–растение в зависимости от способа посева сои <i>Вэй Жань, Черноситова Т.Н., Селихова О.А.</i>	12
Влияние нефтедобычи на свойства почв месторождения Дзунбаян (Восточная Монголия) <i>Гаретова Л.А., Имранова Е.Л., Кириенко О.А., Фишер Н.К., Самбуу Гантомор</i>	18
Изменение экологического состояния пахотных почв Дальнего Востока, арендуемых китайскими предпринимателями <i>Голов В.И.</i>	24
Перспективы биологизации земледелия Дальнего Востока. Проблемы и возможности <i>Голов В.И.</i>	37
Тяжелые металлы в луговых глеевых почвах на полигоне агроландшафта Приамурья <i>Ивашов П.В.</i>	47
Питательный режим почвы при различных дозах минеральных удобрений при возделывании кукурузы на зерно <i>Калашиников Р.П.</i>	54
Агрохимический мониторинг пахотных почв Агрофирмы АНК «Миланка» <i>Карегина Ж.М., Гавриков И.В.</i>	62
Увеличение корней лиственницы в Амурской области и Северо-Восточном Китае при быстро изменяющихся условиях окружающей среды <i>Koike T., Qu Ly., Wang Xn., Fujita S., Watanabe T., Satoh F., Makoto K.</i>	70
Особенности распределения тонких корней в смешанных древостоях южной тайги <i>Кондратова А.В., Абрамова Е.Р.</i>	79

Полевые доказательства: благоприятное влияние древесного угля в почве на рост саженцев деревьев в бореальных лесах <i>Макото К., Брянин С.В., <u>Прокопчук В.Ф.</u>, Койке Т.</i>	88
Динамика содержания подвижных форм биофильных микроэлементов в ходе эволюции аллювиальных почв в среднем течении реки Амур <i>Мартынов А.В.</i>	93
Эффективность известкования при разном уровне содержания подвижного фосфора <i>Наumenко А.В., Ковшик И.Г.</i>	104
Экология и биологическая активность стрептомицетов лесных почв Монголии <i>Норовсурэн Жадамбаа, Ундраа Мунхуу, Болормаа Цэдэн-Иш, Мунхчимэг Энхболд, Ариунзул Цогтжаргал Мунхчимэг Гантулга</i>	110
Влияние предпосевной обработки семян сои на активность ферментов в почве <i>Семенова Е.А., Николаев С.В.</i>	115
Фосфатный фонд буроземов южной тайги при вовлечении их в сельскохозяйственное производство <i>Черноситова Т.Н., Сулопарова Е.С.</i>	123
Динамика макроэлементного состава природных вод ландшафтов южной тайги (на примере экспериментального водосбора ручья еловый, юг Дальнего Востока России) <i>Шамов В.В., Болдескул А.Г., Луценко Т.Н., Кожевникова Н.К., Гарцман Б.И., Губарева Т.С., Лупаков С.Ю., Шекман Е.А.; Бурдуковский М.Л., Юрченко С.Г.</i>	129

CONTENTS

Change of agrochemical parameters in the system of soil-plant in depend of the method of soybeansowing <i>Vey Zhan. T. N. Chernositova, O.A. Selikhova</i>	13
The influence of oil production on the soil properties of the Dzunbayan deposit (Eastern Mongolia) <i>L.A. Garetova, E.L. Lvovna, O.A. Kirienko, N.K. Fischer, Sambuu Gantumur</i>	19
Change of the ecological state of the arable soil of the Far East by rented chinese entrepreneurs <i>V.I. Golov</i>	24
Prospects for the biologization of agriculture in the Far East. Problems and opportunities <i>V.I. Golov</i>	37
Heavy metals in the meadow gley soils of the Periamurye agrolandscapes <i>P.V. Ivashov</i>	47
The nutritious mode of the soil at various doses of mineral fertilizers in the cultivation corn on grain <i>R.P. Kalashnikov</i>	55
Agrochemical monitoring of arable soils of the agricultural Company ANC «Milanka» <i>Zh.M. Karegina, I.V. Gavrikov</i>	63
Improvement of rootage of larch species in amur of Russia and Northeast China under rapid changing environment <i>Koike T., Qu LY, Wang XN, Fujita S., Watanabe T.; Satoh F., Makoto K.</i>	71
Features of thin root distribution in the mixed stands of the Southern taiga <i>A.V. Kondratova, E.R. Abramova</i>	79
The field evidence: the beneficial influence of charcoal in soil on the growth of tree seedlings in boreal forests <i>K. Makoto, S.V. Bryanin, <u>V.F. Procopchuk</u>, T. Koike</i>	89

Dynamics of the content of mobile forms of biofilic microelements in the evolution of alluvial soils in the middle reaches of the Amur river <i>A.V. Martynov</i>	94
Efficiency lime application at different level of content mobile phosphorus <i>A.V. Naumenko, I.G. Kovshik</i>	104
Ecology and biological activity of streptomycetes of forest soils of Mongolia <i>Norovsuren Jadambaa, Undraa Munkhuu, Bolormaa Tseden-Ish, Munhchimeg Enkhbold, Ariunzul Tsogtgerel, Munhchimeg Gantulga</i>	111
Influence of pre-sowing treatment of soybean seeds on the activity of enzymes in the soil <i>E.A. Semenova, S.V. Nikolaev</i>	115
Phosphate fund of brown forest soil in south taiga at use them in agricultural production <i>T.N. Chernositova, E.S. Susloparova</i>	123
Dissolved matter dynamics in natural water at the south taiga landscapes (a case of the elovyi research catchment, South Pacific Russia) <i>V.V. Shamov, A.G. Boldeskul, T.N. Lutsenko, N.K. Kozhevnikova, B.I. Gartsman, T.S. Gubareva, S.Yu. Lupakov, E.A. Shekman, M.L. Burdukovskiy, S.G. Yurchenko</i>	130

УДК 63:001

НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОЧВОВЕДА-АГРОХИМИКА КАНДИДАТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК, ДОЦЕНТА В.Ф. ПРОКОПЧУК

Кандидат сельскохозяйственных наук Валентина Федоровна Прокопчук – выдающийся специалист в области почвоведения и агрохимии.

В 1962 году после окончания 8 класса Валентина Федоровна поступила в Талицкий лесной техникум, а в 1966 г. закончила его по специальности Лесоведение. С 1966 по 1970 гг. работала помощником лесничего в Свердловской области, затем в Хабаровском крае.

Валентина Федоровна неоднократно рассказывала об этом периоде жизни, в котором закалялся и крепчал ее характер, так как приходилось принимать самостоятельные решения, часто доказывать свою правду в разговорах с матерыми лесничими и лесорубами. Она по-свойски гордилась тем, что умела водить мотоцикл.

В 1970 г. поступила и в 1975 г. окончила Дальневосточный государственный университет по специальности почвоведение и агрохимия.

Много интересного и самое главное поучительного Валентина Федоровна рассказывала нам, своим ученикам и сотрудникам кафедры, об этом периоде жизни. Получив колоссальные знания и практический опыт по почвоведению, агрохимии, окончив университет с отличием, имела возможность выбора региона для трудоустройства по распределению. Так как большая часть однокурсников была направлена в центральную Россию, Валентина Федоровна решила остаться на Дальнем Востоке, и выбрала село Садовое Тамбовского района.

С 1975 г. по 1977 г. работала старшим агрохимиком в Амурской областной станции химизации сельского хозяйства.

С 1977 г по июль 1994 г работала во Всероссийском научно-исследовательском институте сои в должностях: младшего научного сотрудника, научного сотрудника и старшего научного сотрудника.

Об этом периоде жизни Валентины Федоровны знают многие. Она неоднократно говорила нам о том, что научный интерес был так велик, что за летний период успевали вести от 10 до 20 полевых опытов. Самой приходилось выкручивать почвенные образцы до 1

метра глубиной.

Научные изыскания, которые ею были выполнены самостоятельно и в соавторстве с другими учеными научно-исследовательского института позволили ей дать обоснование многим процессам, происходящим в почвах. За эти годы Валентина Федоровна участвовала в изучении таких вопросов как:

- качественный состав гумуса;
- генезис типичных лугово-черноземовидных и бурых лесных почв юга Зейско-Буреинской равнины;
- химический состав механических фракций луговых осолоделых почв Приханкайской равнины;
- мелиоративная оценка луговых черноземовидных почв (на примере опытного рисового участка «Садовое»);
- варьирование некоторых физико-химических свойств луговой черноземовидной почвы в пределах профиля и типа почв;
- влияние удобрений и глубины вспашки на агрохимические показатели бурой лесной глеевой почвы и урожай сои и пшеницы в северной зоне Приамурья;
- влияние предшественников, удобрений и способов обработки на биологическую активность почвы под соей;
- эффективность различных видов ингибиторов нитрификации на бурой лесной глеевой почве – и другие.

23 марта 1993 года в Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева, под руководством Георгия Сергеевича Посыпанова Валентина Федоровна успешно защитила кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени канд. сельскохозяйственных наук по специальности растениеводство.

В этой научной работе впервые в Амурской области была изучена динамика содержания минеральных форм азота на глубине до 60 см в двух типах длительно-сезонно мерзлотных почв. Практическая ценность этих исследований заключалась в рациональном распределении азотных удобрений между культурами зерно-соевого севооборота и расчете норм на планируемую урожайность с учетом содержания минерального азота в почве.

В Дальневосточном государственном аграрном университете Валентина Федоровна работала с 1994 года, прошла путь от старшего преподавателя до профессора.

За годы своей педагогической и научной деятельности была неоднократно награждена почетными грамотами и благодарственными письмами университета, регионального и федерального уровней. В

1988 году награждена медалью «Ветеран труда», в 2017 г., учитывая значительный вклад в развитие высшего аграрного образования и подготовку высококвалифицированных специалистов для агропромышленного комплекса, Валентине Федоровне присвоено звание «Почетный работник сферы образования Российской Федерации».

Валентина Федоровна Прокопчук читала лекции и вела лабораторно-практические занятия по дисциплинам «Почвоведение», «Методы почвенных и агрохимических исследований», «Почвенный и агрохимический мониторинг почв», «География почв», «Картирование почв», «Почвообразование на Дальнем Востоке», «Геология с основами геоморфологии» у обучающихся по программ подготовки агрономических направлений. Благодаря ей отработаны и внедрены в учебный процесс многие современные методики анализа сельскохозяйственных объектов.

Под руководством Валентины Федоровны Прокопчук защищено 6 кандидатских диссертаций. При этом Валентина Федоровна всегда считала своими аспирантами тех, кто работал под ее руководством. Защищая кандидатские диссертации по различным научным специальностям, аспиранты Валентины Федоровны вносили свой вклад в развитие науки.

Так, Абросимовой Татьяной Евгеньевной (2003 г.) впервые в Приамурье определены показатели развития фотосинтетического аппарата пшеницы и установлена их зависимость от содержания доступных элементов питания в почве при применении различных систем удобрений в севообороте.

Кондратовой Анжеликой Викторовной (2004 г.) впервые в Приамурье изучено агрохимическое состояние луговой черноземовидной почвы, сложившееся при длительном применении различных систем удобрений в севообороте.

Худолеевым Владиславом Витальевичем (2006 г.) впервые в условиях Зейско-Буреинской равнины изучено влияние пожнивных сидератов на формирование урожая сои.

Черноситовой Татьяной Николаевной (2009 г.) впервые в почвенно-климатических условиях Амурской области изучено влияние обогащенной методом флотации и химически активизированной фосфоритно-силикатной муки на фосфатный фонд почвы.

Науменко Александром Валерьевичем (2011 г.) впервые в условиях Приамурья изучено влияние извести на фоне длительного применения удобрений на агрохимические и биологические свойства почвы, степень минерализации и состав водной вытяжки.

Пилецкой Ольгой Андреевной (2015 г.) впервые в Амурской области изучен комплекс показателей биологической активности черноземовидной почвы при применении различных систем удобрения

Соруководителем Валентина Федоровна являлась у трех аспирантов, которые работали над научными вопросами, которые она предложила для изучения и помогала в их реализации. Так Кибиревым Константином Владимировичем (2004 г.) впервые в Амурской области изучены динамика формирования урожайности зерна местного гибрида кукурузы в зависимости от использования местных органоминеральных удобрений, определены величины максимального потребления и выноса основных элементов питания кукурузы и коэффициенты использования их из почвы.

Ананьевой Эльвирой Владимировной (2007 г.) впервые в условиях Амурской области изучены особенности круговорота элементов питания, определено содержание и накопление тяжелых металлов в луговой черноземовидной почве, биомассе сои и пшеницы при длительном применении минеральных и органических удобрений.

Брянным Семеном Владимировичем (2010 г.) впервые в условиях Амурской области выявлены изменения в содержании питательных элементов в напочвенном органическом материале и почвах, определены энергетические потери, связанные с пирогенным фактором.

Научные вопросы, связанные с микробным сообществом в почве длительного стационарного опыта Банецкая Евгения Валерьевна начала изучать под руководством Валентины Федоровны в 2013 г., в настоящее время продолжают исследования под руководством Синеговской Валентины Тимофеевны.

Большую методическую помощь по вопросам агрохимии и агропочвоведения Валентина Федоровна оказывала и другим аспирантам и соискателям.

Под руководством В.Ф. Прокопчук подготовили и успешно защитили выпускные квалификационные работы более 100 студентов по агрономическим направлениям. Темы выпускных квалификационных работ отличались актуальностью, оригинальностью и разнообразием. Большая часть выпускных квалификационных работ выполнена по материалам полевых и лабораторных исследований. Доклады по результатам научно-исследовательской работы обучающихся, выполненные под её руководством, занимали призовые места на конференциях разного уровня.

Валентина Федоровна преподавательскую работу сочетала с научной, являлась научным руководителем темы «Плодородие почвы». Кроме того, В.Ф. Прокопчук участвовала в научных исследованиях с ВНИИ сои, институтом геологии и природопользования ДВО РАН, с университетом острова Хоккайдо (Япония).

Валентина Федоровна систематически курировала работу учебно-исследовательской лаборатории «Агрохимия», осуществляла настройку приборов, контролировала освоение методов анализа почв и растений дипломниками, аспирантами, лаборантами кафедр и молодыми преподавателями. Систематически оказывала консультативную помощь специалистам АПК области и Дальневосточного региона.

Валентина Федоровна принимала участие в разработке проектов строительства различных объектов на территории Амурской области (нефтепроводов, железных дорог, мостов, гидроэлектростанций) в части оценки почвенного покрова и прогнозирования его нарушений в процессе строительства и эксплуатации объектов.

Результаты научных исследований Валентины Федоровны вошли в «Зональную систему земледелия Амурской области» (1985), «Новое в зональном земледелии Амурской области» (1988), «Системы земледелия учебно-опытного хозяйства ДальГАУ» (1998), «Системы земледелия колхоза «Луч» (2003), в научно-практический справочник «Система земледелия Амурской области» (2003, 2016). По материалам научно-исследовательской и педагогической деятельности ею опубликовано более 90 научных и научно-методических работ.

Результаты её научных исследований, совместно с аспирантами, преподавателями кафедры опубликованы в сборниках международных конференций, журналах «Дальневосточный аграрный вестник», «Вестник КрасГАУ», «Вестник СВНЦ ДВО», «Вестник АГАУ», «Международный научно-исследовательский журнал», а также в зарубежных изданиях «SoilsSediments».

Глубокая порядочность, прямота, требовательность, принципиальность в сочетании с отзывчивостью и добротой, личная скромность и человеческое обаяние всегда притягивали к Валентине Федоровне людей самого разного возраста и статуса.

*А.В. Науменко,
канд. с.-х. наук, доцент кафедры ЭПиА,
декан факультета СПО*

УДК 635.655
ГРНТИ 68.35.31

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ ПОЧВА–РАСТЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ПОСЕВА СОИ

¹Вэй Жань, сотрудник;

²Черноситова Т.Н., канд. с.-х. наук;

²Селихова О.А., канд. с.-х. наук,

¹Хэйлунцзянской сельскохозяйственной академии
Хэйхэского отделения, г. Хэйхэ;

²ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный
аграрный университет», г. Благовещенск

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по влиянию способа посева сои на изменение агрохимических показателей в системе почва-растение. Исследования проводили в 2016 году путём постановки полевых опытов с соей сортов Лидия, Персона и Умка на опытном поле Дальневосточного государственного аграрного университета (с. Грибское, Благовещенский район). Полевые опыты закладывали на луговой черноземовидной почве, в четырехкратном повторении, размещение опытных делянок последовательное в два яруса. Посев проводили селекционной сеялкой СН-16 с междурядьями 15 см, 30 см, 45 см и 60 см. Предшественник – зерновые культуры. Норма высева 400 тыс. всхожих зерен на га. Отмечено, что изменение агрохимических показателей в системе почва-растение на прямую не зависят от способа посева и сорта сои. Выявлена лишь тенденция увеличения содержания подвижного фосфора в почве в вариантах в широкорядным способом посева междурядьями 45 и 60 см.

Ключевые слова: соя, способ посева, агрохимические свойства почвы

CHANGE OF AGROCHEMICAL PARAMETERS IN THE SYSTEM OF SOIL-PLANT IN DEPEND OF THE METHOD OF SOYBEEN SOWING

Vey Zhan. T. N. Chernositova, O.A. Selikhova

Abstract. The article presents the results of studies on the influence of the method of soybean sowing on changes in agrochemical parameters in the system of soil-plant. The research was carried out in 2016 by setting up field experiments with soybean varieties Lidiya, Persona and Umka on the experimental field Far Eastern State Agricultural University (Gribskoe village, Blagoveshchensk district). Field experiments were laid on meadow chernozem-like soil in four repetition, placement of experimental plots is sequential in two tiers. Sowing was carried out by a selection seeder SN-16 with aisle 15 cm, 30 cm, 45 cm and 60 cm. The predecessor is crops. The seeding rate of 400 thousand germinating grains per ha. It was noted that change in agrochemical parameters in the system of soil-plant does not depend on direct from the sowing method and soybean variety. A tendency to increase the content of mobile phosphorus in the soil was revealed in the variants in the wide-row method of sowing between rows of 45 and 60 cm.

Keywords: soybean, method of sowing, agrochemical properties of the soil

Соя как высокобелковая зернобобовая агрокультура занимает одно из приоритетных мест в земледелии. Её пищевое, кормовое, а также техническое значение трудно переоценить.

Агротехнология выращивания сои довольно непростая. Достичь увеличения продуктивности сои можно за счет применения эффективных методов использования питательных веществ.

Потребности сельскохозяйственной культуры в питательных веществах варьируют в зависимости от почвенно-климатических условий, сорта, урожайности, системы земледелия и методов обработки почвы.

Начнем с того, что соя очень неравномерно в различные периоды своего развития и формирования семян потребляет необходимое для этого питание (рис. 1).

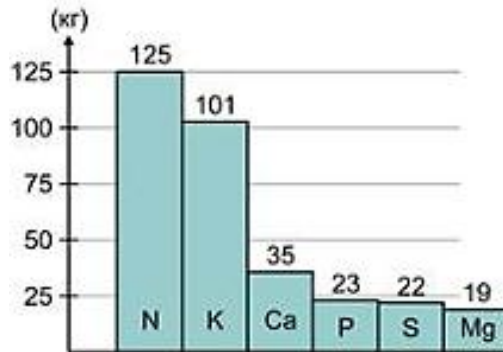


Рис. 1. Вынос из почвы элементов питания соей при урожайности 2,5 т/га [4].

<https://agropromtex.ru> (Соя дружит с органикой)

I период → всходы – начало цветения: потребляет азота(N) 6-7%, фосфора (P) 5-6%, калия (K) 7-10%.

II период → цветение – начало налива семян - N 58-60%; P 60-65%; K 65-70%.

III период → налив семян – полная спелость - N 30-35%; P 30-35%; K 20-25%.

В тоже время, у сои есть критические периоды применительно к азоту и фосфору – азот крайне необходим в течение 2-3 недель после цветений, а фосфор - в первый месяц жизни.

Сою в условиях Амурской области возделывают рядовым и широкорядным способами, при этом, как происходит процесс поглощения питательных веществ из почвы не понятен.

В связи с этим цель исследование изучить влияние способа посева сои на изменение агрохимических показателей в системе почва-растение.

Исследования проводили в 2016 году путём постановки полевых опытов с соей сортов Лидия, Персона и Умка на опытном поле Дальневосточного государственного аграрного университета (с. Грибское, Благовещенский район).

Полевые опыты закладывали на луговой черноземовидной почве, в четырехкратном повторении, размещение опытных делянок

последовательное в два яруса [2]. Посев проводили селекционной сеялкой СН-16 с междурядьями 15 см, 30 см, 45 см и 60 см. Предшественник – зерновые культуры. Норма высева 400 тыс. всхожих зерен на га. Борьбу с сорняками проводили баковой смесью гербицидов (базагран (2л/га) и хармони (2,5мл/га)) в фазе пятого тройчатого листа.

Погодные условия 2016 года с июня по октябрь месяцы отличались от средних многолетних показателей по среднемесячной температуре воздуха и количеству выпавших осадков. В среднем за весь период вегетации сои температура воздуха была ниже на 0,2°C. В июне и октябре температура воздуха была ниже на 1,8 и 3,1 °C. Однако во все остальные месяцы температура воздуха была выше, по сравнению с нормой (рис. 2).

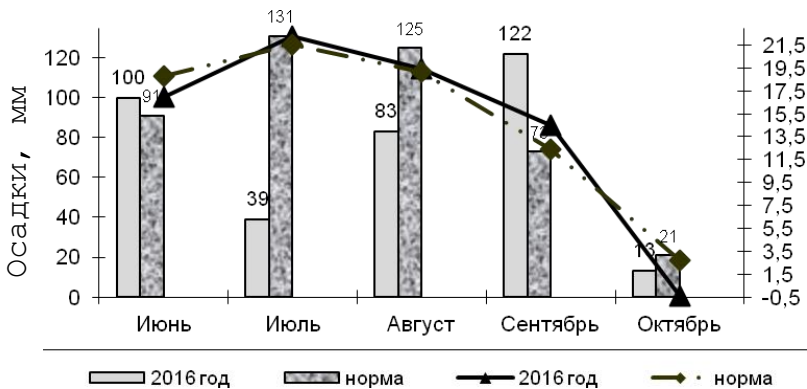


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха (°C) и количество выпавших осадков (мм) за период вегетации сои в 2016 году

Вегетационный период характеризовался недостатком выпавших осадков. За период роста и развития растений сои выпало 408 мм осадков, что на 23% меньше многолетних значений. Наибольшую потребность во влаге испытывали растения сои в июле и августе. В сентябре же осадков выпало больше нормы на 49 мм [1, 2].

Проведенные исследования по обменной кислотности почвы, показали, что растения в условиях 2016 года произрастали в слабокислой реакции почвенной среды ($pH_{\text{сол.}} - 5,1$).

Из всех питательных веществ, поглощающихся из почвы, растения испытывают наибольшую потребность в азоте. Он присутствует во всех аминокислотах, которые являются строительными блоками белков, нуклеиновых кислот и хлорофилла. Соя может использовать освобожденный минерализацией азот, остаточный азот почвы, азотные удобрения и атмосферный азот, который преобразуется в годную к употреблению растением форму в корневых клубеньках благодаря симбиозу бактерии *Bradyrhizobium japonicum* и сои.

Анализ полученных результатов показал, что содержание минерального азота в почве варьировало от 16 до 21 мг/кг, что свидетельствует о среднем содержании (табл.). Таким образом, способ посева и сорт как факторы не оказывают влияние на содержание данного элемента в почве.

Таблица

Агрохимические свойства почвы при различных способах посева сои, 2016 г

Сорт	N _{мин} , мг/кг				P ₂ O ₅ , мг/кг				K ₂ O, мг/кг			
	15 см	30 см	45 см	60 см	15 см	30 см	45 см	60 см	15 см	30 см	45 см	60 см
Лидия	17	16	21	20	128	132	130	137	470	483	478	503
Персона	16	17	17	17	131	130	126	132	481	475	463	483
Умка	17	18	18	18	128	130	131	150	468	475	480	552

Фосфор, хотя и требуется в гораздо меньших количествах, чем азот или калий, имеет решающее значение для быстрого роста и правильного развития растения. Самыми примечательными функциями фосфора в развитии растения является хранение и перенос энергии, функция мембраны и передача генетического материала. Фосфор имеет решающее значение для развития корней и листьев растения, а также для формирования семян.

Количество фосфора в почве зависит от кислотности почвы и содержания в ней органического вещества и глины. В наших исследованиях содержание подвижного фосфора в почве варьировало от 126 до 150 мг/кг. Следует отметить повышенное содержание подвижного фосфора в почве, при этом отмечено, что при увеличении ширины посева сои наблюдалась тенденция увеличения содержания данного элемента в почве.

Калий особенно важен для физиологических процессов, происходящих в растении – он очень мобилен и участвует в переносе ассимилятов, активации многих ферментов, регулировании водного режима растения и фотосинтезе. Он способствует образованию клубеньков и, следовательно, фиксации азота, а также усиливает устойчивость к болезням и стрессовым факторам. Калий оказывает большое влияние на урожайность, увеличивая массу семян и содержание белка, хотя немного снижает содержание масла. Во всех вариантах исследования содержание подвижного калия очень высокое. Что объясняется особенностью плодородия луговой черноземовидной почвы в Амурской области.

Кальций оказывает благотворное влияние на клубеньки либо непосредственно, либо путем улучшения рН почвы; прямое и косвенное влияние довольно трудно разграничить. Необходимость кальция для роста растений легко доказать, ограничив корневое питание этим элементом. Темпы роста сразу же снижаются, а через несколько дней кончики корней становятся коричневыми и постепенно отмирают.

Магний является центральным элементом молекулы хлорофилла, одним из факторов активации многих ферментов и выполняет несколько функций. Магний необходим для фотосинтеза; если его содержание падает слишком низко, это ограничивает ассимиляцию CO_2 . Магний играет важную роль в симбиотической фиксации азота растением.

Изучаемые приемы не оказывают влияние на накопление кальция и магния в почве. Обо этих элемента имеют высокие значения (сумма поглощенных оснований) - 23-24 мг.экв./100 г почвы.

Таким образом, изменение агрохимических показателей в системе почва-растение на прямую не зависят от способа посева и сорта сои. Отмечена лишь тенденция увеличения содержания подвижного фосфора в почве в вариантах в ширококормным способом посева междурядьями 45 и 60 см.

Список литературы

1. Агрометеорологический обзор лета 2016 года по Амурской области /Амурский ЦГМС-филиал ФГБУ «Дальневосточное УГМС», 2016 г. – 25 с.

2. Агрометеорологический обзор осени 2016 года по Амурской области /Амурский ЦГМС-филиал ФГБУ «Дальневосточное

УГМС», 2016 г. – 18 с.

3. Опытное дело в растениеводстве /под общ. ред. Н. Н. Никитенко. – М.: Россельхозиздат, 1982. – С. 39.

4. Теблоева, А. Х. Минеральное питание и продуктивность сои в предгорной зоне Республики Северная Осетия-Алания в системе почва-удобрения-сорт: дис. на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук: 06.01.09 /Теблоева Анжела Хадзиметовна. – Нальчик, 1999. – 175 с. – URL: <https://agropromex.ru> (дата обращения 18.02.2020)

УДК 550.47:579.26

ГРНТИ 38.33.23

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕДОБЫЧИ НА СВОЙСТВА ПОЧВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЗУНБАЯН (ВОСТОЧНАЯ МОНГОЛИЯ)

¹Гаретова Л.А., канд. биол. наук, ст. науч. сотр.;

¹Имранова Е.Л., канд. биол. наук, ст. науч. сотр.;

¹Кириенко О.А., канд. биол. наук, ст. науч. сотр.;

¹Фишер Н.К., канд. биол. наук, ст. науч. сотр.;

²Самбуу Гантомор, PhD, доцент,

ФГБУН Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,

г. Хабаровск, Россия;

Mongolian University of Science and Technology

School of Geology and Mining, Mongolia

Аннотация. Выявленные физико-химические особенности исследованных почв пустынной зоны месторождения нефти Дзунбаян, Монголия (доминирование пылеватой фракции, высокие значения pH, соленость) в совокупности со специфическими климатическими условиями и особенностями состава нефтей (преобладание тяжелых парафиновых фракций), а также состояние микробного сообщества характеризуют их низкую потенциальную способность к самоочищению от нефтяного загрязнения.

Ключевые слова: Монголия, почвы, нефтедобыча, литологический состав, осолоненность, загрязненность, углеводороды, бактерии.

THE INFLUENCE OF OIL PRODUCTION ON THE SOIL PROPERTIES OF THE DZUNBAYAN DEPOSIT (EASTERN MONGOLIA)

L.A. Garetova, E.L. Lvovna, O.A. Kirienko, N.K. Fischer,
Sambu Gantumur

Abstract. The revealed physicochemical features of the studied soils of the desert zone of the Dzunbayan, Mongolia oil field (dominance of a dusty fraction, high pH values, salinity) in combination with specific climatic conditions and features of oil composition (prevalence of heavy paraffin fractions), as well as the state of the microbial community, characterize their low the potential for self-cleaning from oil pollution.

Key words: Mongolia, soil, oil production, lithological composition, salinization, pollution, hydrocarbons, bacteria.

Месторождение нефти Дзунбаян расположено в юго-восточной части Монголии в провинции Восточная Гоби в 440 км к востоку от Улан-Батора. Нефть Дзунбаяна по своим физико-химическим свойствам очень вязкая, тяжелая, с высоким содержанием смолистых компонентов и парафинов, выход светлых фракций всего – 5–6%.

На сегодняшний день в Монголии существует тенденция к ухудшению условий разработки нефтяных месторождений, связанная с истощением пластов с легкоизвлекаемыми запасами нефти. Это приводит к увеличению доли трудноизвлекаемых запасов нефти, поэтому приходится разрабатывать месторождения с низкопроницаемыми коллекторами и нефтями повышенной вязкости. В связи с этим возрастает интерес к технологиям, повышающим эффективность разработки месторождений.

Цель исследования: оценка состояния песчаных почв в районе нефтедобычи Дзунбаян, их физико-химические и микробиологические характеристики в условиях нефтезагрязнения.

Объекты и методы. Район исследования находится 45 км на юг от г. Сайшанды (Восточно-Гобийский аймак). Площадь разведочного участка месторождения Дзунбаян составляет 5321 км², эксплу-

атационная площадь составляет 239.5 м². Пробы почв отбирали в декабре 2018 г. по периметру эксплуатационного участка на расстоянии 2, 5 и 30 м от скважины. Отбор образцов почвогрунтов и их химический анализ осуществляли в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 [1].

Для химических и микробиологических анализов пробы почв (0.5 кг), с глубины 0–20 см, отбирали методом конверта. Для гранулометрического анализа образцы грунта, высушенные до воздушно-сухого состояния, растирали в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником и пропускали через сито с ячейей 2 мм. Размерный состав данной фракции осадков изучали методом лазерной дифракции на приборе SALD-2300 (Япония). Определение распределения частиц по размерам методом лазерной дифракции основано на измерении углового распределения интенсивности рассеянного света при прохождении лазерного луча через диспергированный образец. Крупные частицы преимущественно рассеивают свет под малыми углами к лазерному пучку, тогда как мелкие частицы – под большими углами. Определение pH, удельной электропроводности (УЭП) и солёности (S) почвенной водной вытяжки проводили с помощью измерителя комбинированного Seven Multi S-47k, Mettler-Toledo (Швейцария). Валовый состав почв и содержание металлов определяли на масс-спектрометре MS-ICP ELAN-9000, Perkin Elmer SCIEX (США). Определение массовой доли нефтепродуктов (НП) в почвах выполняли по методике [4]. Фракцию УВ выделяли экстракцией четыреххлористым углеродом, очищали от сопутствующих полярных соединений на колонке с оксидом алюминия 2-й степени активности по Брокману. Измерения проводили на концентратометре КН-2М (Сибэкоприбор, Россия). Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в почве определяли общепринятыми в почвенной микробиологии методами [2].

Результаты и обсуждение.

Гранулометрические исследования

Исследованные почвы представляют собой рассыпчатые песчанистые образования желто-оранжевого цвета. По гранулометрическому составу существенных различий между образцами выявлено не было. Оценка гранулометрического состава почв показала достаточно высокую способность почв к адсорбции нефтепродуктов.

Химический состав почв

Исследование валового состава почв показало относительную равномерность распределения в них исследованных химических компонентов. Содержание металлов (18 видов) в исследованных образцах не выходило за пределы ПДК, кроме хрома (4.17 ПДК), мышьяка (9.5 ПДК) и меди (2 ПДК).

Содержание НП в почвах варьировало от 9 до 60 мг/кг при максимальном содержании в образцах, отобранных на расстоянии 2 м от участка добычи. Та же зависимость от расстояния в показателях солености и УЭП, pH песчаных почв варьировала от 8.15 до 8.67. В работе Е. А. Рогозиной [5] предложено оценивать степень нефтяного загрязнения почв по превышению содержания НП над фоновым значением в конкретном районе и на конкретной территории. При этом в частности, указано, что для районов, не ведущих добычу нефти, фоновое содержание НП в почве составляет 40 мг/кг, а для нефтедобывающих районов – 100 мг/кг.

Микробиологические исследования

Микробоценозы очень быстро реагируют на воздействие антропогенного фактора, что позволяет в короткие сроки выявить наиболее уязвимые экологические зоны. Поэтому микробиологические показатели почвы используют для целей экологического мониторинга, оценки устойчивости экосистемы.

При удалении от нефтяной скважины и снижении содержания нефтяных углеводородов (НУ) количество гетеротрофных и нефтеокисляющих бактерий снижалось. Вероятно, это связано с тем, что в бедных органическим веществом песчаных почвах НУ являются практически единственным источником органического вещества.

Важным показателем потенциальной активности микробных сообществ, участвующих в процессах самоочищения почв, является содержание в нем НОБ. Считается, что доля НОБ в сообществе гетеротрофных бактерий фоновых природных объектов не превышает условный уровень 10% [3]. Доля НОБ в микробных сообществах исследованных почв составляла от 12.6% в почвенном образце М5 до 18.9% в образце М1, что говорит об их адаптации к загрязнению нефтепродуктами [6–8].

Микробные комплексы исследованных почв отличались обилием пигментированных колоний и спорообразующих бактерий. Это защитные механизмы, защищающие микроорганизмы от действия видимого света, УФ-лучей и других неблагоприятных воздействий.

Споры бактерий позволяют микроорганизмам переживать неблагоприятные условия обитания, они резистентны к повышенным температурам, радиации, воздействию химических веществ, хорошо переносят отсутствие влаги. Суровые условия пустыни Гоби, бедность песчаных почв органическим веществом, нефтяное загрязнение ингибирует развитие актиномицетов, а значения рН от 8.15–8.67 не дают развиваться микроскопическим грибам.

Выводы

1. Физико-химические особенности исследованных почв пустынной зоны (гранулометрический состав, высокие значения рН, соленость) в совокупности со специфическими климатическими условиями и особенностями состава нефтей месторождения Дзунбаян (преобладание тяжелых парафиновых фракций) характеризуют их низкую потенциальную способность к самоочищению от нефтяного загрязнения.

2. В песчаных почвах формируется специфическое микробное сообщество, адаптированное к суровым условиям пустыни: загрязнение нефтью, низкая влажность, соленость, щелочная среда, солнечное облучение. В микроценозе преобладают гетеротрофные бактерии, использующие НУ в качестве органического вещества. Группа актиномицетов малочисленна из-за нефтезагрязнения, а микромицеты отсутствуют в почвах с высокощелочной средой.

3. Содержание нефтеокисляющих бактерий в микробном сообществе почвы (в пределах 20%) соответствует концентрационной границе нефтяного загрязнения для исследованных почв (до 60 мг/кг) и даже незначительное увеличение уровня поступления нефтепродуктов в почву может привести к необратимым изменениям в составе микробного сообщества и в результате к хроническому загрязнению данных почв.

Список литературы

1. ГОСТ 17.4.3.01-83 «Почвы. Отбор проб для контроля загрязнения»: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 21 декабря 1983 г № 6393: дата введения 01-07-84. – М.: ИПК Издательство Стандартов, 2004.

2. Нетрусов, А. И. Практикум по микробиологии: учебное пособие

для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Нетрусов, М. А. Егорова, Л. М. Захарчук [и др.]; под ред. А. И. Нетрусова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.

3. Патин, С. А. Нефть и экология континентального шельфа / С. А. Патин. – М.: ВНИРО, 2001. – 247 с.

4. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органно-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии: Методика допущена для целей государственного экологического контроля. – М.: Гос. ком. РФ по охране окружающей среды, 2005. – 21 с.

5. Рогозина, Е. А. Актуальные вопросы проблемы очистки нефтезагрязненных почв / Е. А. Рогозина // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2006. – № 1. – С. 1-11.

6. Atlas, R. M. Bacteria and bioremediation of marine oil spills / R. M. Atlas // *Oceanus*. – 1993. – V. 36. – P. 71–80.

7. Peressutti, S. R. Dynamics of hydrocarbon-degrading bacteriocenosis of an experimental oil pollution in Patagonian soil / S. R. Peressutti, H. M. Alvarez, O. H. Pucci // *International Biodeterioration & Biodegradation*. – 2003. – V. 52. – P. 21-30.

8. Zhang, D. Characterization of the bacterial archaeal diversity in hydrocarbon-contaminated soil / D. Zhang, C. Mörtelmaier, R. Margesin // *Science of The Total Environment*. – 2012. – V. 421-422. – P. 184-196.

УДК 504.5(571.6)
ГРНТИ 87.21.15

ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА, АРЕНДУЕМЫХ КИТАЙСКИМИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЯМИ

Голов В.И., д-р биол. наук, глав. науч. сотр.,
ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

Аннотация. В статье дан анализ влияния основных природных и антропогенных факторов на экологическое состояние пахотных почв Дальнего Востока в свете современной трактовки экологических функций почв и их роли в поддержании гомеостаза педосферы и в целом биосферы. Акцент сделан на агротехнике выращивания риса и других культур на почвах Приморья и Приамурья китайскими арендаторами и ее влияние на плодородие, а также экологическое состояние арендуемых земель.

Ключевые слова: экология почв, факторы плодородия, деградация плодородия, экологические функции почв, рекультивация, конвенциональное и биологическое земледелие.

CHANGE OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE ARABLE SOIL OF THE FAR EAST BY RENTED CHINESE ENTREPRENEURS

V.I. Golov

Abstract. The article analyzes the impact main of the natural and anthropogenic factors on the ecological status of arable soils of the Russian Far East in the modern interpretation of the ecological functions of the soil and their role in maintaining the homeostasis of the pedosphere and the biosphere as a whole. Emphasis is placed on the agricultural practices of growing rice and other crops on the soils of Primorye and Amur region by Chinese tenants and its impact on fertility, as well as the ecological condition of the leased land.

Key words: soil ecology, fertility factors, fertility degradation, ecological functions of soils, recultivation, conventional and biological farming.

Экологические проблемы, связанные с деградацией пахотных почв в нашей стране и на Дальнем Востоке (далее ДВФО) в частности, оказались в центре внимания ученых и специалистов, занимающихся вопросами плодородия почв (почвоведения, агрохимии, растениеводства, кормопроизводства и т.д.). Наша страна по количеству брошенных земель в результате деградации, экономического кризиса и других негативных событий на сегодняшний день прочно удерживает первое место в мире [12]. В настоящее время заметно больше работ публикуется по экологии почв, в ущерб исследований, в области генезиса и географии почвенного покрова, наиболее популярному направлению для минувшего столетия. К этому, характерному для России, классическому направлению наблюдается явно выраженное охлаждение. Всего лишь 20-30 лет тому назад считалось, что постоянный газовый состав атмосферы, во всяком случае, в отношении углекислого газа, поддерживается в основном за счет океана. В 80-е годы минувшего столетия впервые отечественными учеными В. Г. Добровольским и Е. Д. Никитиным (1986) было высказано предположение, что основным поставщиком двуокиси углерода в атмосферу (на 80-90%) является почва [6]. В дальнейшем, при появлении более совершенной аппаратуры данная гипотеза получила широкое признание.

Земельный фонд ДВФО (без Якутии) в настоящее время составляет 616,9 млн. га [12, 18]. Территории сельскохозяйственного назначения составляют 1% или 6,1 млн. га, из них 3,2 млн. га пахотных земель. Основной массив пахотных почв (96,4%) сосредоточен на юго-западе региона (Амурская область, Хабаровский и Приморский край), где на одного жителя в среднем приходится 0,36 га, что в более чем 2 раза меньше, чем в среднем по РФ (0,88 га). Значительно ниже этот показатель выглядит для Хабаровского, Камчатского края, Магаданской и Сахалинской областей (соответственно 0,2; 0,1; 0,08 и 0,05 га).

Экологическое состояние пахотных почв ДВФО, долгое время, начиная с 1990 года, систематически не анализировалось в виду того, что прежняя, хорошо отлаженная система агрохимического обслуживания была ликвидирована, как и Росгипрозем, или перепрофилирована, а новая так и не появилась. Качество сельскохозяйственных угодий в ДВФО, ранее и по некоторым редким данным в нулевые годы научно-исследовательских организаций ДВО РАН и ДВО РАСХН, было признано неблагополучным. По состоянию на 2005

год из 6,2 млн. га, находящихся в сельскохозяйственном пользовании 32,0% заболочены и переувлажнены (после наводнения 2013 года значительно больше), 13,5% засорены камнями, 18,0% почв были отнесены к сильнокислым ($\text{pH}_{\text{сол.}}$ ниже 4,0, среди пахотных, таковых 40%). Однако всего кислых почв, требующих известкования, оказалось значительно больше. В Амурской области 94%, в Приморье – 79%, в Хабаровском крае – 76%, в среднем по ДВФО – 83%, в то время как в среднем по РФ всего 32%. В значительной степени эродированных почв 21,0% и более половины пахотных угодий дегумифицировано, то есть содержат гумуса менее 3,0% [10, 21].

Ввиду своего географического положения и экономической ситуации в стране Дальний Восток существует в условиях целого ряда своих, дополнительных негативных факторов, к которым относятся незаконные вырубки лесов, частые лесные пожары, последствия тайфунов и наводнений другие. Из постоянно действующих факторов, которые нас интересуют в первую очередь в связи с обсуждаемой темой, является урбанизация населения, свойственная многим экономически развитым и развивающимся странам. Однако далеко не у всех стран деградируют почвы такими темпами как в России. У нас в стране, как справедливо подмечено в недавно опубликованной статье А. С. Яковлева и др. [20] «...*К настоящему времени многие сельскохозяйственные регионы обезлюдели, большие площади земель заброшены или перешли к недобросовестным землепользователям (особенно из числа муниципальных собственников), ориентированным на получение выгоды любой ценой*». В том же направлении, только с большим рвением действуют китайские арендаторы в ДВФО, в Забайкалье и в Сибири.

Площадь арендуемых китайцами земель в настоящее время только в Приморье и Приамурье составляет около 50 тыс. га. При сложившейся практике выращивания сои, зерновых и овощных культур на арендованных почвах вполне вероятен сценарий полной деградации (рис. 1), как это случилось с почвами Таримской впадины Синьцзян-Уйгурского автономного района Китая, где распространены наиболее плодородные почвы [9]. Эти почвы находились в эксплуатации в среднем около 10 лет с момента их освоения. Содержание гумуса в них сократилось почти в 3 раза, в связи с чем 15%, в основном орошаемых почв, были вынуждены вывести из оборота из-

за нарастающих явлений дегумификации, засоления и опустынивания. Дело в том, что в Китае в последние 30 лет вносится большое количество минеральных удобрений, превышающее среднемировое в 10 и более раз, а также химических средств защиты растений (гербициды, инсектициды, зооциды и прочие ядохимикаты). Китай прочно удерживает первое место в мире по их производству и применению. В 2000 году на полях Китая применялось около 250 тыс. т пестицидов, а в 2015 уже 350 тыс. т., причем в их ассортименте до сих пор присутствуют персистентные ядохимикаты (хлорорганические и другие, аналогичные печально известному ДДТ), который практически не разлагается в почвах [4, 7, 8, 16]. Поэтому новой целью проведенных нами исследований было определение степени деградации используемых китайскими арендаторами пахотных почв в Спасском и Хасанском районах, где находятся основные посевы риса и овощей, выращиваемых по китайским технологиям. Спасский район в доперестроечные и в советские времена считался наиболее благополучным для выращивания возделываемых в Приморье, да и на всем ДВФО культур, занимая 78 тыс. га пахотных почв (1/10 от краевого фонда). Сейчас этого не скажешь после того как эти почвы побывали в аренде у китайских землепользователей.

Экологическое состояние почв, используемых китайскими арендаторами, мы изучали в двух районах Приморского края: Спасском – на лугово-бурой почве, и в Хасанском районе – на аллювиальных почвах (пойменная и остаточная – пойменная). Были исследованы поля, занятые посевами риса, сои и овощными культурами, находящиеся в аренде у китайских и корейских производителей не менее 10 лет. Полученные агрохимические показатели сравнивали с таковыми, которые мы получили при анализе целинных и залежных участков, а также пахотных почв используемых отечественными производителями, где агротехника была традиционной, свойственная нашему региону. Почвенные пробы в основном отбирались буром на глубину пахотного горизонта (0-20-30 см). На аллювиальных почвах, в профиле которых встречалось большое количество крупной гальки, пробы отбирались лопатой на ту же глубину. Средний образец почвы с каждого поля состоял, как минимум, из 10 индивидуальных проб. В усредненных образцах почвы определяли следующие агрохимические показатели: содержание гумуса – по Тюрину, реакцию почвенного раствора – потенциометрическим методом

(pH_{KCl}), сумму поглощенных оснований (Ca+Mg) по Шолленбергеру трилометрическим методом [1, 15]. Статистическую обработку результатов анализа осуществляли стандартными методами.

Результаты и их обсуждение: Для того, чтобы получить представление о современной (конвенциональной) агротехнологии выращивания продовольственных культур в КНР нам удалось в 2015 году отобрать и проанализировать пойменные почвы (залежные и пахотные) по обеим сторонам пограничной реки Амур. Изучаемые почвы были совершенно идентичны по основным генетическим признакам, а пахотные были заняты одной и той же культурой (соей) и отличались только применяемой агротехникой и системой вносимых минеральных удобрений и средств защиты растений от вредителей и болезней. На китайском берегу образцы были отобраны на опытных полях института земледелия в пригороде г. Хей-Хе, Хэйлунцзянской провинции, расположенного на правом берегу Амура, а на нашем (левом) берегу на территории учебно-опытного хозяйства Дальневосточного государственного аграрного университета (ДальГАУ) в пригороде г. Благовещенска.

Согласно литературным данным, в начале 2000-х гг. в провинции Хэйлунцзян среднее количество внесенных минеральных удобрений составляло 130 кг/га (с колебаниями от 50 до 1000 кг/га), в Приморском крае всего – 6.0 кг/га, в Амурской обл. – 6.4 кг/га [3]. При проведении нами совместных исследований с Шэньянской и Харбинской сельскохозяйственными академиями по изучению эффективности торфо-гуминовых удобрений в полевых опытах, фоновые минеральные удобрения использовали в количествах, превышающих вынос основных элементов питания в 3–5 раз. Под рис вносили 810 кг/га минеральных удобрений (NPK), а для сои, которая является одной из ведущих культур в провинции Хэйлунцзян, доза одних только азотных удобрений составляла 150 кг/га. В то время, как давно известно, что при подкормке сои дозой 30 кг/га азота, синтез атмосферного азота симбиотической микрофлорой угнетается, а при дозе 120 кг/га практически прекращается. Поэтому в отечественной агрохимической практике под бобовые культуры минеральный азот вносят крайне редко и только на очень бедных азотом почвах [3, 16, 17, 18]. Из анализа приведенных в таблице 1 результатов определения основных экологических показателей, следует, что применяемая в настоящее время технология выращивания сельскохозяйственных культур в Китае носит интенсивный или конвенциональный характер,

при котором применяют завышенные, дозы минеральных удобрений и ядохимикатов, что способствует более интенсивной деградации почв.

Таблица 1

Изменение основных экологических показателей пойменных аллювиальных почв при интенсивной агротехнологии выращивания сои (КНР) и при традиционной, сложившейся в России (РФ)

Почва	Стран	Степень освоенности почв	Содержание гумуса, %	pH, солевое	Сумма поглощенных оснований М экв./100
Пойменная на аллювиальных отложениях р. Амур	РФ	целина	$6,0 \pm 0,3$	$5,3 \pm 0,2$	$25,0 \pm 0,8$
		пашня	$3,5 \pm 0,1$	$4,8 \pm 0,2$	$20,0 \pm 1,1$
	КНР	залежь	$2,8 \pm 0,3$	$6,3 \pm 0,2$	$20,1 \pm 0,6$
		пашня	$1,8 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,3$	$16,3 \pm 0,4$



Рис. Посевы кукурузы в Партизанском районе Приморья принадлежащие китайским арендаторам с признаками передозировки внесенных азотных удобрений. Фото А. Ганеки

Кислотность почвы, отобранной с залежного участка, на китайской стороне оказалась значительно ниже (в 10 раз), чем на целинном участке нашего берега (соответственно 6,3 и 5,3). Дело в том, что до ухода под залежь на этом участке в течение 10 лет выращивали рис, возделывание которого способствует снижению кислотности, благодаря восстановительным процессам, возникающим в анаэробных условиях после заливки посевов риса водой. При этом следует подчеркнуть, что по всем другим показателям, включая содержание питательных элементов в обменной форме, в случае возделывания риса деградация протекает более интенсивно, чем в почвах под сельскохозяйственными культурами. Это в первую очередь касается таких элементов как азот, калий, кальций и магний, а также некоторых микроэлементов, присутствующих в почвах в катионной форме, которые интенсивно вымываются из почвы во время сброса воды и фильтрации ее с внутрипочвенным стоком при поливах и при выпадении осадков [8, 14].

Одной из основных глобальных экологических проблем современности является потепление климата на нашей планете, возникшее из-за парникового эффекта. Ведущую роль в парниковом эффекте играют водяной пар, углекислый газ (CO_2), метан (CH_4) и закись азота (N_2O). Не смотря на то, что обычная роль закиси азота (N_2O) в общем парниковом эффекте составляет всего 6%, его концентрация в атмосфере на текущий момент растет, и в основном за счет сельскохозяйственной деятельности (пастбища в тропиках, увеличение площадей под орошаемое земледелие). Избыточное внесение азотных удобрений в умеренных широтах, в которых находится основной пахотный фонд Дальнего Востока, также способствует увеличению эмиссии закиси азота в атмосферу [11, 21]. Следует иметь в виду, что не смотря на незначительное участие закиси азота в суммарном парниковом эффекте (6%), его относительный парниковый потенциал в 290 раз выше потенциала CO_2 , а средняя продолжительность существования этого газа в атмосфере 120 лет, что существенно увеличивает его вредоносность. Известно также, что рис нуждается в первую очередь в азотных удобрениях, все остальные удобрения слабо влияют на его урожайность. Поэтому под рис в КНР применяют минеральные удобрения в соотношении $\text{N:P:K} = 7:2:1$, а в РФ соотношение близкое к $3:2:1$ [3, 14]. Поскольку рис растет в

анаэробных условиях, предпочтительной формой азотных удобрений для этой культуры считаются аммиачные и амидные формы (сульфат аммония, мочевина). Но если применяется аммиачная селитра, нитратная форма азота, входящая в состав этого удобрения менее чем через неделю после заливки превращается в аммиак, который большей частью улетучивается в атмосферу или частично поглощается почвой. Большие потери азота в форме N_2O происходят при возделывании суходольных культур и в посевах риса в период до посева весной, и при уборке, когда вода удаляется из чеков. Причем, как установлено отечественными учеными, эмиссия N_2O увеличивается в десятки и сотни раз после глубокого промерзания и оттаивания почв зимой, а весной, когда устанавливаются положительные температуры и оптимальная влажность, бурно происходят процессы нитрификации и денитрификации в этих почвах, в результате которых эмиссия азота усиливается многократно. Такие условия весьма характерны для почв юга Дальнего Востока, особенно после малоснежных зим, каковые часто случаются в наших широтах. Минеральные удобрения по китайской технологии, впрочем, как и российской, вносятся ранней весной или поздней осенью, то есть в то время, когда теряется много азота либо безвозвратно (N_2), либо в виде парниковых газов (N_2O), повышающих температуру нашей планеты, или усиливающих кислотность дождей (H_2S , NH_3 , NO_2). Поэтому, в связи с открывшимися в последние годы фактами, свидетельствующими о потерях вносимого с удобрениями азота, и в связи с потеплением климата, необходимо сосредоточить внимание для поиска мер сдерживающих ускоренную деградацию пахотных почв, как в теоретическом, так и практическом отношении [3, 11, 14].

Представленные в таблице 2 показатели экологического состояния почв, используемых китайскими арендаторами, свидетельствуют о том, что применяемая на этих полях технология ведет к интенсивной их дегумификации. В Спасском районе содержание гумуса уменьшилось за 10 лет на 20%, а в Хасанском почти на половину (47%). Как показали исследования, проведенные нами в длительных опытах на луговых черноземовидных почвах ВНИИ сои, умеренное применение одних минеральных удобрений в течение 50 лет привело к снижению содержания гумуса с 4,9 до 3,8%, а на лугово-бурых почвах ПримНИИСХ за тот же срок с 4,2 до 3,8% [2, 4].

Применение китайской технологии кроме дегумификации, способствовала увеличению кислотности почв и снижению суммы поглощенных оснований по сравнению с залежными почвами, и почвами, где использовалась отечественная технология, что также свидетельствует о более глубокой их деградации.

Таблица 2

Изменение экологических показателей пахотных почв ДВФО, используемых китайскими арендаторами при выращивании риса и других культур

Район исследования, почва	Показатель эродированности				
	Выращиваемая культура	Технология (Китайская, Российская)	Содержание гумуса, %	pH сол.	pH водн.
Спасский район, почва луговая глеевая, суглинистая	рис	китайская	4,9	4,5	5,5
	рис	китайская	4,7	4,4	5,3
	пар	российская	5,7	5,3	5,9
Хасанский район, почва пойменная на речном аллювии	соя	китайская	2,6	3,7	4,8
	соя	китайская	3,3	3,9	4,9
	овощи	китайская	3,9	4,2	5,2
	залежь	российская	5,5	4,6	5,6

Следует обратить внимание на тот факт, что используемая китайскими арендаторами технология способствует нарушению естественного соотношения поглощенных форм Ca и Mg, которое обычно характерно для целинных и залежных почв. По мнению К. К. Гедройца, отечественного классика в области обменных почвенных реакций, наиболее благоприятным для сельскохозяйственных культур является соотношение Ca : Mg как 1 : 2,5–5, то есть когда на единицу магния приходится 2,5–5 единиц кальция в ППК почв. В арендуемых почвах, используемых под рис это соотношение приближается к 1 : 1, то есть очень далекое от идеального (табл. 2). Согласно последним исследованиям американских агрохимиков, которые в отличие от отечественных, приоритетность исследований фор-

мируют исходя из запросов практики, а не теории, считают, что избыток обменного магния в почвах приводит к ухудшению не только химических, но и физических свойств почв.

Тяжелые почвы с высоким содержанием Mg и низким Ca увеличивают плотность почвы, образуя корку, которая задерживает поступление воды при поливе в период засухи. Чаще всего это случается на рисовых плантациях. По мнению опытного американского агрохимика Нила Кинси [21], посвятившего свою монографию проблемам оптимизации физико-химических свойств почв при выращивании растений, для получения высоких урожаев возделываемых культур в первую очередь необходимо обращать внимание на соотношение Ca и Mg в ППК, которые до сих пор в отечественной агрохимической практике считаются второстепенными. Согласно его исследованию, идеальная почва (хотя в природе они почти не встречаются) должна состоять на 45% из минералов, 5% органики, 25% воды и 25% воздуха. В ППК этих почв 80% от всей суммы поглощенных основанной должно приходиться на Ca и Mg, а на остальные обменные катионы (H, Na, Li и K) – 20%. Причем, для почвы тяжелой (глины 60% и более) Ca нужно больше (70% Ca и 10% Mg), так как этот элемент способствует разрыхлению почв, а Mg напротив, способствует ее связыванию. Поэтому для легких почв (глины менее 50%) оптимальным будет соотношение $Ca : Mg = 60 : 20\%$. При оптимальном соотношении Ca и Mg в почвах растения более эффективно используют воду, CO_2 , N и другие элементы питания. Избыток Mg также как и N зачастую провоцирует распад органического вещества в сторону его сбраживания, в результате которого выделяется спирт, формальдегид и другие консерванты и стерилизаторы, которые подавляют деятельность полезной микрофлоры и тем самым задерживают минерализацию органики, необходимой для жизнедеятельности растений, а также микрофлоры и микрофауны [19, 21, 23].

Таким образом, наши исследования показали, что темпы деградации арендуемых в Приморье почв китайскими производителями также высоки, как в Китае и они значительно превосходят таковые, свойственные нашей стране. Длительное время мы изучали влияние систематического применения минеральных удобрений на экологические и агрохимические свойства пахотных почв Дальнего

Востока. В результате пришли к заключению, что традиционная агротехника выращивания сельскохозяйственных культур, сложившаяся в России за последние 30 лет, после распада СССР не была в экологическом отношении ущербной [4, 5, 10]. Деградация почв наблюдалась, но она была вялотекущей, в отличие от ситуации в Китае (табл. 2). Использование пахотных почв китайскими арендаторами в Партизанском районе, по результатам исследований Е. А. Жариковой, помимо дегумификации и подкисления почв привела к обеднению почвенного биоценоза живыми организмами. Исчезли дождевые черви, которые считаются хорошими биоиндикаторами экологического состояния почв. Кроме этого было отмечено, что широкое применение полиэтиленовой пленки, как средства сохраняющего почвенное тепло и влагу, приводит к физическому и химическому загрязнению почв, затрудняющее их дальнейшее использование [7, 8, 16].

Заключение

Проведенные нами исследования почв, используемых китайскими арендаторами на полях ДВФО свидетельствует о том, что применяемая ими конвенциональная агротехнология выращивания сельскохозяйственных культур приводит к ускоренной дегумификации и деградации арендуемой земли. Химические методы повышения плодородия почв и стрессоустойчивости растений, как показывает мировой опыт, уже не имеют прежней эффективности. Они ведут лишь к увеличению доз вносимых минеральных удобрений, а также по данным других исследователей к повышению пестицидной нагрузки на окружающую среду, вызывая не только загрязнение почв, но и эвтрофикацию водоемов, а также химическую мутацию растений. Поэтому, чтобы избежать экологического кризиса и уберечь пахотные почвы от эрозии, засоления и опустынивания необходимо переходить на биологическое земледелие, популярность которого растет с каждым годом.

Список литературы

1. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв. / Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.

2. Бурдуковский, М. Л. Изменение агрохимических свойств основных пахотных почв юга Дальнего Востока при длительном сельскохозяйственном использовании / М. Л. Бурдуковский, В. И. Голов, И. Г. Ковшик // Почвоведение. – 2016. – № 10. – С. 1244-1250.

3. Ганзей, С. С. Трансграничные геосистемы юга Дальнего Востока России и Северо-Востока Китая. / С. С. Ганзей. – Владивосток: Изд-во Дальнаука, 2004. – 231 с.

4. Голов, В. И. Влияние длительного применения минеральных удобрений на экологию почв юга Дальнего Востока / В. И. Голов, М. Л. Бурдуковский, И. Г. Ковшик // Аграрные проблемы научного обеспечения Дальнего Востока. – 2013. – Т. 2. – С. 17-27.

5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». – М.: Изд-во Минприроды России; НПП «Кадастр», 2018. – 888 с.

6. Добровольский, Г. В. Экологические функции почвы / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 137 с.

7. Егорова, Д. О. Биоремедиация почвы, длительное время загрязненной ДДТ, с использованием аэробного штамма *Rhodococcus Wratislaviensis* CH628 / Д. О. Егорова, В. В. Фарафонова, Е. А. Шестакова и др. // Почвоведение. – 2017. – № 10. – С. 1262-1269.

8. Жарикова, Е. А. Агрогенная трансформация аллювиальных почв на участках различных арендаторов на юге Приморья / Е. А. Жарикова // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2017. – № 4. – С. 87-93.

9. Илахун, А. Содержание гумуса в почвах Синьцзян-Уйгурского автономного района КНР / А. Илахун, Ж. Пинань, Ц. Зяньдон и др. // Вестник РАСХН. – 2010. – № 4. – С.31-32.

10. Костенков, Н. М. Почвы и почвенные ресурсы юга Дальнего Востока / Н. М. Костенков, В. И. Оздобихин // Почвоведение. – 2006. – № 5. – С. 517-520.

11. Курганова, И. Н. Влияние температуры и влажности на эмиссию азота из некоторых пахотных почв / И. Н. Курганова, В. О. Лопес де Гереню // Почвоведение. – 2010. – № 8. – С. 984-994.

12. Люри, Д. И. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. / Д. И. Люри, С. В. Горячкин, Н. А. Караваева и др. – М.: Изд-во ГЕОС, 2010. – 416 с.

13. Нестерова, О. В. Правовое и организационное совершенствование механизмов сохранения плодородия почв и земель Российской Федерации (на примере Дальнего Востока) / О. В. Нестерова, В. А. Семаль, В. Г. Трегубова // Почвоведение. – 2016. – № 6. – С. 765-772.

14. Неунылов, Б. А. Повышение плодородия почв рисовых полей Дальнего Востока / Б. А. Неунылов. – Владивосток: Приморское кн. изд-во, 1961. – 240 с.

15. Практикум по агрохимии: учеб. пособие для ун-тов по спец. «Агрохимия и почвоведение» / В. Г. Минеев и др.; под ред. В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 303 с.

16. Росликова, В. И. О состоянии почвенных ресурсов на приграничных территориях России и Китая / В. И. Росликова // Вестник ДВО РАН. – 2012. – № 6. – С. 114-119.

17. Синельников, Э. П. Агрогенезис почв Приморья / Э. П. Синельников, Ю. И. Слабко. – М.: Изд-во ГНУ ВНИИА, 2005. – 280 с.

18. Система земледелия Амурской области: производственно-практический справочник / под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. П.В. Тихончука. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2016. – 570 с.

19. ФБ / Сельское хозяйство Китая – <http://fb.ru/article/2581/selskoe-hozyaystvo-kitaya> (дата обращения 31.07.2019).

20. Яковлев, А. С. Деградация земель и проблемы устойчивого развития / А. С. Яковлев, О. А. Макаров, М. В. Евдокимова, С. С. Огородников // Почвоведение. – 2018. – № 9. – С.1167-1174.

21. Kins, N. Hands – On Agronomy: Understanding Soil Fertilizer Use / N. Kins, C. Walters. – U.S.A.; 3 rd edition, 2013. – 416 p.

22. Li, Y. Land degradation and land-scape ecological construction in ning Province / Y. Li, Y. Zhao, D. Guan // Chin. J. Appl. Ecol. – 2001. – № 4. – P. 601-604.

23. Hamburger Jessica. Sea of pesticides surrounds China's organic farms / Jessica Hamburger // Glob. Pestic. Campaigner. – 2001. – № 3. – P. 3-7.

УДК 631.461(571.6)
ГРНТИ 68.05.45

ПЕРСПЕКТИВЫ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА. ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

Голов В.И., д-р биол. наук, главн. науч. сотр.
ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

Аннотация. Статья посвящена обзору альтернативных конвенциональному (традиционному) методу ведения сельского хозяйства с применением интенсивной химизации – биологическим и биодинамическим методам повышения плодородия почв и увеличения урожаев возделываемых культур в условиях Дальнего Востока. Их преимуществам и недостаткам, а также перспективам и актуальности развития исследований в области биологического почвоведения.

Ключевые слова: Биологическое земледелие, почвенная микрофлора, азотофиксирующие бактерии

PROSPECTS FOR THE BIOLOGIZATION OF AGRICULTURE IN THE FAR EAST. PROBLEMS AND OPPORTUNITIES

V.I. Golov

Abstract. The article is dedicated to review the alternative and conventional methods used in agriculture with intensive chemization application – biological and biodynamic methods for enlargement soil fertility and harvest of the cultures cultivated in the conditions of the Far East. Their advantages, defects, perspectives and actual development of research in the area of biological soil science have been shown.

Key words: Biological farming, soil micro flora, nitrogen fixing micro flora.

В последние годы глобальные проблемы человечества, особенно экологические и продовольственные, оказались в центре внимания мировой общественности. Поэтому ученые в области почвоведения, агрохимии, земледелия и других отраслей науки, имеющих непосредственное отношение к сельскому хозяйству, столкнулись с задачами увеличения производства продуктов растениеводства и

животноводства при росте численности населения и уменьшении площадей сельскохозяйственных угодий, а также ресурсов пресной воды. Ранее решение этих проблем в основном осуществлялось с помощью приемов и стратегий конвенционального или интенсивного земледелия, важнейшим компонентом которой был рост применения минеральных удобрений, прежде всего N, P и K, а также пестицидов в сочетании с генетически улучшенными и адаптированными сортами и гибридами возделываемых культур. Экологические проблемы, связанные с сельскохозяйственной деятельностью человека, сопровождали его всегда со времен появления земледелия, как одной из наиболее важных отраслей, поддерживающих его существование на Земле. Наиболее древнюю проблему – истощение почв, решали естественным восстановлением, забрасывая участок на несколько лет. С появлением минеральных удобрений удалось увеличить сроки использования пахотных земель, при этом урожай выросли в несколько раз и, соответственно, возросло количество проблем, на многие из которых, не найдены решения до настоящего времени.

К таковым проблемам, возникшим из-за одностороннего внесения и передозировок азотных, фосфорных и калийных удобрений (N:P:K), которое продолжается уже около 150 лет, а также из-за отсутствия внимания к другим, не менее важным элементам питания, таким как S, Mg, Mo, B, Cu, Zn, Fe, Mn, следует отнести, в первую очередь, накопление нитратов в получаемой продукции. А также накопление азота и фосфора в поверхностных и грунтовых водах, приводящее к эвтрофикации водоемов. При этом ухудшается не только качество получаемой продукции, но и питьевой воды. Помимо этого, при длительном и особенно интенсивном применении минеральных удобрений усиливаются процессы дегумификации и агрохимической деградации почв, растет их кислотность. Ухудшаются физические свойства: увеличивается плотность пахотного горизонта, теряется структура, снижается ее водоудерживающая способность и другие свойства, определяющие плодородие [1].

К применению агрохимикатов во многих странах в настоящее время наступило явное охлаждение и некоторое разочарование из-за больших потерь при внесении, постоянных передозировок (внесение в запас) и низкой усвояемости возделываемыми культурами (от 30 до 50%). Еще сто лет назад немецким ученым Рудольфом Шнайдером, основателем биолого-динамического земледелия, было высказано опасение, что излишнее увлечение минеральными удобрениями

приведет не только к локальному загрязнению почв, но и к глобальному потеплению климата, разрушению озонового слоя и к эвтрофикации поверхностных и грунтовых вод [Цитировано по 14]. В настоящее время многие его предсказания оказались пророческими.

Несмотря на то, что последователей биологического земледелия среди фермеров в мире немного (в нулевые годы около 1,5%, в настоящее время примерно 4,5%) и производство не очень рентабельно, следствием чего является повышенная стоимость производимой ими продукции, популярность ее растет. Более заметный подъем наблюдается и в научных исследованиях в области биологического земледелия, судя по числу публикаций на эту тему, как в России, так и за рубежом, особенно в области почвенной микробиологии. В некоторой степени этому способствовали применение новых для этой области знаний методов секвенирования и геномной инженерии, способствующих идентификации и более строгой классификации почвенной микрофлоры. Так с помощью молекулярного анализа почвенной микрофлоры, играющей важную роль в биосфере, микробиологами университетов США, Германии и Великобритании обнаружено в поверхностном слое Земли нескольких миллионов видов микроорганизмов, еще не известных науке. Направлениями этих исследований являлось выявление биоразнообразия микроорганизмов в отдельных горизонтах почвы, источники их питания и влияние почвенной микрофлоры на окружающую среду. Сделан вывод о том, что к настоящему времени микробиологическим исследованиям подвержен только тонкий поверхностный слой Земли, тогда как подавляющая масса микроорганизмов находится в глубине нашей планеты [15].

Всего несколько лет назад было обнаружено, что с помощью корневых выделений возделываемые культуры могут влиять и даже формировать необходимую ей ризосферную микрофлору. Общеизвестна способность бобовых культур питаться атмосферным азотом с помощью клубеньковых бактерий. Однако большинство культурных растений таковой способностью не обладают. К примеру, злаковые культуры пользуются услугами свободноживущей в ризосфере микрофлорой. Причем объем этого биологического азота может достигать тех количеств, которые необходимы для выращивания полноценного урожая, причем в основном за счет атмосферного азота.

Эти возможности свободноживущей (в основном беспоровой микрофлоры) до недавнего времени явно недооценивались. Последними работами отечественных и зарубежных ученых было установлено, что увеличение размеров азотфиксации возможно на основе создания особых сортов небобовых культур, способных существенно ускорить, этот процесс, например, за счет специально подобранных аборигенных популяций азотфиксирующих микроорганизмов. Было обнаружено, что некоторые генотипы ячменя различались по способности такого рода азотфиксации в 108 раз, а тритикале (гибрид пшеницы и ржи) – в 96 раз. Причем, эти различия можно поддерживать в процессе семеноводства, то есть закреплять в наследуемых признаках [13].

Дальневосточными микробиологами в последние годы во главе с академиком РАСХН В. А. Тильбой [9] были изучены природные популяции ризобий сои в районах произрастания дикорастущего и культурного вида на юге Дальнего Востока. Были выделены высокоактивные штаммы клубеньковых бактерий из дикорастущей сои, превосходящие культурные аналоги по вирулентности, активности и энергии роста в несколько раз. Это позволило увеличить в отдельных случаях долю симбиотического азота в урожае сои до 90% и получить прибавки урожая зерна сои от 2 ц (в Амурской области) до 18 ц/га (в Крыму и Казахстане). Особенно высока была эффективность выделенных штаммов ризобий (ББ-49 и др.) в районах, где их природная популяция отсутствует, то есть там, где соя недавно вошла в культуру, или иначе говоря, интродуцирована. В созданной этими учеными уникальной коллекции клубеньковых бактерий сои, насчитывающей более 1000 единиц хранения, есть штаммы, обладающие весьма ценными свойствами. Например, устойчивые к гербицидам, высокой кислотности почв, повышенной концентрации молибдена. Последний пример требует пояснений. Помимо генетических особенностей успешной фиксации азота для микроорганизмов, как и для растений, требуются оптимальные условия для их роста и развития, из которых наиболее важными являются вода и элементы питания. Так в опытах В. С. Бжеумыхова [1] наиболее мощным фактором усиления симбиотической азотфиксации на фоне инокуляции семян люцерны активными штаммами ризобиума, явилось орошение и оптимальное питание. Без орошения инокуляция увеличила симбиотическую N-фиксацию в среднем на 52 кг/га,

при орошении без внесения Р, В, Мо на 77 кг/га, а при поливах и при внесении Р, В, Мо на 93 кг/га. Это свидетельствует о том, что орошение посевов должно сопровождаться улучшением минерального питания, особенно теми элементами, которые принимают непосредственное участие в процессе фиксации азота.

В полевых опытах, проведенными нами в разное время на почвах Амурской области, практически всегда наблюдалась высокая отзывчивость сои на внесение молибдена, который принимает активное участие в процессе азотфиксации, входя в состав ключевых ферментов – нитратредуктазы и нитрогеназы. Хорошие результаты показывали и бактериальные удобрения (нитрагин и др.), содержащие активные штаммы клубеньковых бактерий. Однако их совместное применение методом обработки семян перед посевом, рекомендованное еще в 1962 году В. Т. Куркаевым [7] не всегда приводил к ожидаемому кумулятивному эффекту. Последующими опытами микробиологов выяснилось, что применение растворов солей Мо, рекомендованными концентрациями (1,25 и 2,5%) вызывают резкое снижение титра живых клеток, а иногда и полную их гибель. Применение молибдена методом предварительного накопления в семенах с последующей инокуляцией нитрагином, разработанный и предложенный нами, снял эту проблему, но в практике не привился из-за более сложной технологии внесения [3]. И все же со временем дальневосточные микробиологи выделили штаммы клубеньковых бактерий (ТД-56 и БД-3) из диких популяций сои, которые оказались устойчивы к применяемым концентрациям молибденовых удобрений [10].

До недавнего времени считалось, что фиксировать атмосферный азот может только небольшая группа микроорганизмов (*Azotobacter*, *Clostridium*, *Rhizobium*). В последние годы согласно исследованиям, проведенным как у нас в стране, так и за рубежом, обнаружилось, что таковой способностью обладают представители практически всех физиологических и таксономических групп прокариот: хемолитотрофов, фототрофов и гетеротрофов, аэробов, и анаэробов, грамположительных и грамотрицательных [12]. И это свойство (способность фиксировать атмосферный азот) было включено в перечень принципиальных диагностических признаков, наравне с отсутствием клеточного ядра, отличающих прокариот от царства эу-

кариот. С этого момента эукариоты (грибы, водоросли, высшие растения и животные) были окончательно исключены из числа азотфиксаторов [4]. Не имея способности к азотфиксации, эукариоты в процессе эволюции выработали способность к образованию сообщества с бактериями – diaзотрофами. Такие системы весьма разнообразны по составу как микроорганизмов-diazотрофов так и растений. Однако они обладают одним общим и весьма ценным для практики свойством – тесным сопряженным взаимодействием биогеохимических циклов азота и углерода. Это достигается интеграцией и синхронизацией азотного и углеродного метаболизма бактерий с одной стороны и растений или животных с другой, чего практически невозможно достичь искусственным внесением минеральных удобрений.

Максимальная продуктивность азотфиксации отмечена у бобовых растений в симбиозе с клубеньковыми бактериями, которые производят 25-35% мирового объема пищевого и кормового белка. На площади, которую они занимают (250 млн. га пашни) масса фиксированного ими азота составляет 90 млн. т в год, а для того, чтобы произвести такое же количество минеральных азотных удобрений необходимо затратить 288 млн. т топлива стоимостью около 30 млрд. долларов [2]. Ориентировочно такой же продуктивностью обладают произрастающие в лесах азотфиксирующие небобовые растения (ольха, лох, облепиха, малина и др.) существующие в симбиозе с актиномицетами рода *Frankia*, однако их роль в азотном балансе биосферы, к сожалению, изучена намного слабее, чем культурных растений. Давно известны и довольно широко используются в тропиках для рисосеяния симбиоз цианобактерий *Anabaene* с водным папоротником *Azolla*, который используется как сидерат, обогащенный азотом.

И все же несмотря на высокую эффективность симбиотической азотфиксации, ее роль в общепланетарном балансе азота невелика из-за ограниченности распространения таких систем. К примеру, доля бобовых культур не превышает 10% от мирового пахотного фонда, а в естественных фитоценозах они появляются лишь на первых этапах растительных сукцессий после вырубок или пожаров. Согласно многочисленным оценкам, азот в природе в основном связывается так называемой ассоциативной азотфиксацией в бактериально-растительных системах не образующих клубеньков. Именно

этот способ фиксации азота поддерживает естественный планетарный круговорот данного элемента. Так, например, в умеренных широтах таким способом фиксируется в среднем около 40 кг/га молекулярного азота, а ближе к экватору до 100 кг/га [11].

Впервые азотфиксацию в мире животных обнаружили у термитов, саранчевых, тлей и тараканов, а из позвоночных – у полевок, песчанок и других. Причем в первую очередь у тех животных, в питании которых преобладала углеводная пища (целлюлоза, крахмал, гемицеллюлоза), то есть небелковые продукты, содержащие мало азота. Вполне вероятно, что в будущем будут найдены новые экологические ниши с более высоким уровнем микробной азотфиксации [5].

Несколько слов о почвенной нитрификации, что очень важно для понимания биогеохимического круговорота азота в биосфере. В природе, и в первую очередь в почвах, она осуществляется двумя принципиально разными группами микроорганизмов. В первую входят однородные, специализированные на определенных субстратах аэробные автотрофные бактерии-нитрификаторы (*Nitrosomonas*). Они встречаются повсеместно в почвах, в пресных и соленых водоемах, в месторождениях полезных ископаемых, и даже на каменных и железобетонных сооружениях и объединены в 10 родов. Основная физиологическая особенность автотрофных нитрификаторов – необычайно высокая требовательность к условиям внешней среды: температура 25-30°, pH=7,5-8,0, аэробная среда, то есть наличие молекулярного кислорода и отсутствие органического вещества. Поэтому во внешней среде они очень уязвимы, так как мало выживают при отсутствии тепла, кислорода, а также в кислых, щелочных и высокогумусированных почвах. Однако природа не может обходиться без нитрификации с таким набором капризных микроорганизмов. Во внешней среде широко распространены гетеротрофные нитрификаторы из родов *Bacillus*, *Streptomyces* и многих других. Эта способность обнаружена и у микроскопических грибов – *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* и других. При гетеротрофной нитрификации окисление аммиака и других восстановленных соединений азота в нитраты происходит только при наличии органики и не служит источником энергии для организма, ее осуществляющего, чем они принципиально отличаются от автотрофных нитрификаторов. Хотя ак-

тивность гетеротрофной нитрифицирующей микрофлоры по образованию нитратов значительно ниже (в 10-1000 раз), чем автотрофных, численность их в природе существенно выше. Причем, в отличие от автотрофов они не столь капризны и привередливы к условиям существования, поэтому их нитрифицирующая продуктивность бывает более весомой в общем балансе азота на планете [4].

Долгое время считалось, что основным нитрифицирующим продуцентом в биосфере являются автотрофные микроорганизмы, а деятельность гетеротрофов не принималась в расчет. В последние годы благодаря ингибиторному анализу с применением таких ингибиторов как нитрапирина N-serve, аминотриазола и др. впервые смогли оценить степень участия гетеротрофов в цикле биосферного азота. Особенно высока их активность в естественных почвах и постепенно уменьшается по мере нарастания антропогенного фактора. Так, например, в естественных дерново-подзолистых почвах гетеротрофы продуцируют до 95% нитратов, а в серых лесных до 40%. В пахотных аналогах этих же типов почв их участие в нитрификации снижается до 1-16%, но зато увеличивается количество автотрофов, так как повышается комфортность их жизнедеятельности благодаря лучшей аэрации, создаваемой периодической обработкой почв. В значительной мере благоприятствует их жизнедеятельности снижение количества органического вещества и кислотности [6].

Бытует мнение, что нитраты, как хорошо растворимые вещества, легко мигрируют с поверхностными и внутрипочвенными водами в океан. Однако, исследования последних лет опровергают это расхожее утверждение. Дело в том, что денитрификация, которая считается последним звеном глобального цикла азота в биосфере, восстанавливает окисленные формы азота (NO_2 , NO_3) до газообразных окислов (N_2O и N_2). Нитраты восстанавливаются поэтапно, каждый из которых контролируется ферментами, содержащими Mo. Лишь последний этап превращения закиси азота (N_2O) в молекулярный азот (N_2) регулируется ферментом рустицианином, содержащим 4 атома Cu. Этот фермент имеет однотипное строение у самых разных видов бактерий-денитрификаторов и в то же время он является наиболее чувствительным к изменению среды, точнее ее деградации. Его ингибируют такие вещества как цианид, ацетилен, азид и другие продукты жизнедеятельности биоты. Видимо поэтому денитрификация заканчивается на стадии образования закиси азота, который

участвует в «парниковом эффекте», разрушая озоновый слой. Этот процесс усиливается в кислых обесструктуренных, засоленных и загрязненных тяжелыми металлами почвах [8]. Интенсивная химизация и широкое распространение химических средств защиты растений также усугубляет этот процесс. Таким образом, наблюдаемое нарушение биогеохимических циклов химических элементов и, в первую очередь азота, увеличение количества закиси азота в атмосфере объясняется общей деградацией почв, скорость которой за последние 50 лет возросла в 30 раз. Поэтому нам необходимо пристальней присмотреться и ближе познакомиться с природными регуляторами круговорота жизненноважных для биоты химических элементов.

Обнадеживающие результаты получены во ВНИИ сои после прохождения третьей ротации травопольного севооборота (8 полей, в том числе 2 поля травы-кострец+люцерна). В этом севообороте применение минеральных удобрений было сведено до минимума. Вместо навоза применяли сапропель и солому, а также гуминовые препараты. Соя была инокулирована активными штаммами клубеньковых бактерий, выделенных из аборигенных диких форм сои. По сравнению с традиционными минеральными севооборотами увеличился урожай сои и пшеницы, повысилось содержание гумуса на 0,11%, снизилась кислотность, улучшились физические и химические свойства почв [9]. Однако к великому сожалению после отъезда руководителя и идейного вдохновителя этого опыта он был предан забвению и уничтожен, как и многое другое.

Список литературы

1. Бжеумыхов, В. С. Формирование и активность симбиотического аппарата люцерны в зависимости от орошения, внесения макро- и микроудобрений на обыкновенном черноземе / В. С. Бжеумыхов // Агрохимические проблемы биологической интенсификации земледелия: сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Владимир, 2005. – С. 267-271.
2. Вэнс, К. Симбиотическая азотфиксация у бобовых: сельскохозяйственные аспекты / К. Вэнс // Молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями. – СПб., 2002. – С.541-563.
3. Голов, В. И. Поступление молибдена в растения сои и его последствие при внесении молибденовых удобрений на почвах Дальнего Востока / В. И. Голов, Ю. Н. Казачков // Агрохимия. – 1973. – № 10. – С.103-

109.

4. Добровольский, Г. В. Почва, микробы и азот в биосфере / Г. В. Добровольский, М. М. Умаров // Природа. – 2004. – № 6. – С. 15-22.

5. Кузнецова, Т. А. Микробная азотфиксация в пищеварительном тракте песчанок Калмыкии / Т. А. Кузнецова, Н. В. Костина, Е. И. Наумова, М. М. Умаров // Известия РАН. Серия биологическая. – 2010. – № 5. – С.560-563.

6. Кураков, А. В. Грибы в круговороте азота в почвах: специальность 03.00.27 «Почвоведение», 03.00.07 «Микробиология»: автореферат диссертации на соискание степени доктора биологических наук / Кураков Александр Васильевич; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – Москва, 2003. – 50 с.

7. Куркаев, В. Т. Результаты изучения нитрагина на местных штаммах под сою / В. Т. Куркаев // Научные труды Амурской с.х. опытной станции. – Благовещенск, 1965. – Т. 1. – С. 119-122.

8. Степанов, А. Л. Микробная трансформация заиси азота в почвах: специальность 03.00.27 «Почвоведение», 03.00.07 «Микробиология»: автореферат диссертации на соискание степени доктора биологических наук / Степанов Алексей Львович; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – Москва, 2000. – 40 с.

9. Тильба, В. А. Совместное применение молибдена и нитрагина для предпосевной обработки семян сои / В. А. Тильба, С. А. Бегун // Увеличение производства сои на основе совершенствования условий питания: бюл. ВНИИ сои. – Новосибирск, 1987. – Вып. 31. – С. 33-42.

10. Тильба, В. А. Изучение природных популяций клубеньковых бактерий сои Российского Дальнего Востока / В. А. Тильба, С. А. Бегун, М. В. Якименко // Аграрные проблемы научного обеспечения Дальнего Востока: сборник науч. трудов конференции, посвященной 45-летию ВНИИ сои. – Благовещенск, 2013. – Т. 2. – С. 13-17.

11. Умаров, М. М. Ассоциативная азотфиксация / М. М. Умаров. – М.: Изд. МГУ, 1986. – 136 с.

12. Умаров, М. М. Современное состояние и перспективы исследования микробной азотфиксации / М. М. Умаров // Перспективы развития почвенной биологии. – М., 2001. – С. 47-56.

13. Черемисов, Б. М. Концепция быстрого перехода мирового земледелия на биологическую фиксацию азота атмосферы / Б. М. Черемисов // Аграрная наука. – 2000. – № 9. – С. 10-11.

14. Koster Werner. Dungkung. Notwendige Kulturmabnahme oder Umweltbelastung? / Werner Koster // Geograf. Rdsch. – V. 42, № 3. – P. 159-163.

15. Philipon Patrick. Des inconnus sous nos pieds / Patrick Philipon // Biofuturologia. – 1999. – № 185. – P. 14-15.

УДК 631.42
ГРНТИ 68.05

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ЛУГОВЫХ ГЛЕЕВЫХ ПОЧВАХ НА ПОЛИГОНЕ АГРОЛАНДШАФТА ПРИАМУРЬЯ

Ивашов П.В., д-р геол.-мин. наук, профессор,
ФГБУН «Институт водных и экологических проблем ДВО РАН»,
Хабаровск, Хабаровский край, Россия

Аннотация. Изучены тяжелые металлы в луговых глеевых почвах на полигоне агроландшафта Приамурья. Установлены уровни валового содержания тяжелых металлов в пахотном горизонте почв и дана оценка их концентрации в сравнении с кларками (средним содержанием) в почвах мира.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, агроландшафт, Приамурье.

HEAVY METALS IN THE MEADOW GLEY SOILS OF THE PRIAMURYE AGROLANDSCAPES

P.V. Ivashov

Abstract. Heavy metals were studied in meadow gley soils the Priamurje agrolandscapes. The levels of the gross content of heavy metals in the arable horizon of soils are established, and their concentration is compared with clarks values (average content) in the soils of the world.

Key words: heavy metals, soil, agrolandscape, Priamurje.

Луговые глеевые почвы занимают большую часть сельскохозяйственных угодий Приамурья, где они составляют основу фонда пахотных, пастбищных и сенокосных земель. Плодородие этих почв зависит не только от количества органического вещества гумусового происхождения, но и содержания микроэлементов. Между тем тяжелые металлы и микроэлементы в этих почвах изучены слабо. Имеются лишь сведения об отдельных биогенных микроэлементах [4].

Тяжелые металлы, которых большинство в природе, не были объектом пристального исследования. Применительно к Приамурью сведения о тяжелых металлах в луговых глеевых почвах имеются в некоторых публикациях автора [5–8].

В настоящей работе приводятся новые данные о содержании большой ассоциации тяжелых металлов в пахотном горизонте дугowych глеевых почв на полигоне агроэкосистемы – овощного поля. Цель этих исследований – установить геохимические особенности почв на функционирующей, т. е. находящейся в сельскохозяйственном использовании агрогеосистемы. При этом предусматривалось решение следующих задач: 1) установить уровни валового содержания тяжелых металлов в почвах, 2) провести сравнительную оценку уровней концентрации тяжелых металлов по отношению к мировым кларкам (среднему содержанию) химических элементов в почвах, 3) выявить тяжелые металлы, имеющие тенденцию к накоплению в почвах.

Материалы и методы. Изучение тяжелых металлов в почвах проведено на полигоне овощного поля в окрестностях с. Тополево, в пригородной зоне г. Хабаровска, где развиты пахотные луговые глеевые почвы с разной степенью оглеения, сформированные на озёрно-аллювиальных почвообразующих породах. Образцы почв для определения тяжелых металлов отбирались из пахотного горизонта с глубины 10–25 см. После стандартной пробоподготовки в мелкоземе почв, то есть во фракции меньше 1.0 мм, определялось валовое содержание металлов эмиссионным спектральным методом с использованием спектрофотометра «Хитачи» ААС-3 в трехкратной повторности. Эти методы дают высокую чувствительность анализов, их точность и воспроизводимость согласно существующим требованиям [2]. Определялась массовая доля (масс.%) 40 микроэлементов и тяжелых металлов, обнаружено 22: марганец, никель, кобальт, титан, ванадий, хром, молибден, ниобий, цирконий, медь, свинец, серебро, цинк, олово, галлий, барий, бериллий, иттрий, иттербий, стронций, скандий, бор с ошибкой определения не более 5%. Определялись, но не обнаружены тантал, мышьяк, кадмий, германий, уран, торий, лантан, церий, платина, индий, таллий, литий, гадолиний, гафний, золото, теллур, селен, лютеций – всего 18. Чувствительность определения обнаруженных вышеотмеченных 22 тяжелых ме-

таллов была следующая (мас.%): 0,00001 – серебро; 0,0001 – марганец, никель, кобальт, ванадий, хром, молибден, ниобий, медь, олово, галлий, иттрий, иттербий, бериллий, скандий; 0,0003 – титан; 0,0006 – цирконий; 0,0008 – свинец; 0,001 – цинк; 0,0013 – бор; 0,01 – барий, стронций.

Следует отметить, что определение в луговых глеевых почвах на полигоне агроэкосистемы овощного поля Приамурья такого большого числа тяжёлых металлов проведено впервые и полученные данные имеют большое биогеохимическое и геохимическое значение.

Результаты и их обсуждение. Установленное количественное содержание (массовая доля в%) тяжелых металлов в образцах почв приведено в таблице. Обнаруженные тяжёлые металлы содержатся во всех образцах почвы на полигоне агроэкосистемы. В целом всю ассоциацию химических элементов по их содержанию в образцах почвы можно условно разделить на две группы: 1) с количеством больше мировых кларков (среднего содержания) в почвах по А. П. Виноградову [3] хотя бы в одном из образцов почв, – это никель, титан, хром, молибден, медь, свинец, серебро, цинк, барий, иттербий, бор, скандий – всего 12; 2) с содержанием меньше кларков – марганец, кобальт, ванадий, ниобий, цирконий, олово, галлий, бериллий, иттрий, стронций – всего 10.

При систематизации данных по содержанию тяжелых металлов в почвах первой группы оказалось, что большинство их превышает кларк в 1.4–1.7 раза, т. е. крайне незначительно. И лишь четыре металла отмечены в почвах в повышенных количествах относительно кларков – это свинец и цинк – в 6 раз, бор – в 8 раз и серебро в 160 раз. Повышенное количественное содержание этих металлов, вероятно, обусловлено агрохимическими приёмами по увеличению плодородия почв – органическими и минеральными удобрениями.

Что касается второй группы тяжёлых металлов, содержащихся в нижекларковых величинах, то их присутствие в почвах на полигоне агроэкосистемы представляет лишь геохимический интерес и обусловлено, скорее всего, почвообразующими породами – озёрно-аллювиальными отложениями.

В целом в изученных образцах почв можно отметить низкое содержание тяжелых металлов, без аномально высоких концентраций, за исключением серебра, цинка, свинца, бора. Это объясняется

тем, что в экологическом отношении агросистема исследований (полигон овощного поля) достаточно благоприятная, поскольку непосредственно на полигоне и в его окрестностях отсутствует явно выраженное техногенное воздействие, кроме стандартных сельскохозяйственных приёмов обработки и агрохимизации луговых глеевых почв, а также внесения минеральных и органических удобрений.

Таким образом, валовое содержание большой ассоциации тяжелых металлов дает представление фактически о фоновой концентрации в почвах химических элементов, характерных для селитебных ландшафтов в представлении В. А. и А. В. Алексеенко [1]. При этом пределы количественного содержания тяжелых металлов, в частности в нашем случае для марганца, кобальта, меди, цинка, молибдена, стронция соответствуют оптимальным допустимым нормам в почвах по классификации В. В. Ковальского и Г. А. Андриановой [9]. Причём верхние и нижние пределы этих норм микроэлементов указанные авторы называют критическими концентрациями химических элементов во внешней почвенной среде, выше и ниже которых нарушаются регулярные механизмы обменных процессов в системах почва–растения.

Таблица

**Содержание тяжелых металлов в луговых глеевых почвах
на полигоне агроландшафта Приамурья, (мас.%)**

Э	№ пробы				Кларк	Пределы содержания	Среднее содержание	ОДН*
	409	410	411	412				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mn	0.03	0.03	0.02	0.03	0.085	0.02–0.03	0.0275	0.04–0.03
Ni	0.006	0.006	0.003	0.003	0.004	0.003–0.006	0.0045	–
Co	0.0004	0.0004	0.0003	0.001	0.0008	0.0003–0.001	0.0005	0.0007–0.003
Ti	0.4	0.8	0.8	0.7	0.46	0.4–0.8	0.675	–
V	0.008	0.01	0.008	0.01	0.01	0.008–0.01	0.009	–
Cr	0.03	0.02	0.02	0.005	0.02	0.005–0.03	0.0187	–
Mo	0.0002	0.0001	0.0003	0.0001	0.0002	0.0001–0.0003	0.0001	0.00015–0.0004
Nb	0.0002	0.0002	0.0002	–	0.0001	0.0001–0.0002	0.0002	–
Zr	0.01	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01–0.03	0.0175	–
Cu	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002–0.003	0.0027	0.0015–0.006
Pb	0.004	0.002	0.006	0.002	0.001	0.002–0.006	0.0035	–
Ag	0.004	0.008	0.008	–	0.00005	0.004–0.008	0.005	–

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zn	0.006	0.02	0.03	0.003	0.005	0.003–0.03	0.0147	0.03–0.07
Sn	0.0003	0.0008	0.0003	0.0003	0.001	0.0003–0.0008	0.0004	–
Ga	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.001–0.002	0.002	–
Ba	0.08	0.08	0.04	0.07	0.05	0.04–0.08	0.0675	–
Be	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0006	0.0001–0.0002	0.00017	–
Y	0.003	0.003	0.003	0.002	0.005	0.002–0.003	0.0027	–
Yb	0.0003	0.0003	0.0003	0.00025	0.0002	0.0002–0.0003	0.00027	–
Sr	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01–0.02	0.0175	–
Sc	0.001	0.001	0.001	0.0005	0.0007	0.0005–0.001	0.0008	–
B	0.008	0.006	0.006	–	0.001	0.006–0.008	0.0066	–

Прочерк (–) – элемент не определялся, * – оптимальные допустимые нормы

Но поскольку геохимическая среда почв мозаична, то в различных биогеохимических провинциях соотношение между содержанием химических элементов часто приводит к некоторому смешению значений их критических концентраций.

Выводы

1. Впервые на полигоне агроэкосистемы (овощное поле) в условиях Приамурья, в пригородной зоне г. Хабаровска в луговых глеевых почвах установлена большая ассоциация тяжелых металлов – всего 22.

2. Выявленные уровни валового содержания тяжелых металлов в почвах отражают относительно низкие их концентрации по сравнению с мировыми почвенными марками и являются фоновыми для почв селитебных ландшафтов.

3. Установлены повышенные превышающие мировые кларки содержания в почвах серебра, свинца, цинка, бора, обусловленные предположительно внесением в почву минеральных и органических удобрений и частично за счёт почвообразующих пород – озерно-аллювиальных отложений.

Список литературы

1. Алексеенко, В. А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв в селитебных ландшафтах / В. А. Алексеенко, А. В. Алексеенко. – Ростов н/Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2013. – 388 с.
2. Атомно-абсорбционные методы анализа минерального сырья. – М.: ВИМС, 1982. – 100 с.
3. Виноградов, А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
4. Голов, В. И. Круговорот серы и микроэлементов в основных агро-системах Дальнего Востока / В. И. Голов. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 316 с.
5. Ивашов, П. В. Микроэлементный состав луговых глеевых почв Приамурья / П. В. Ивашов // Микроэлементы в СССР. – 1982. – Вып. 23. – С. 15-16.
6. Ивашов, П. В. Геохимические особенности луговых глеевых почв Среднеамурской равнины как отражение специфики их водного режима // Факторы и режимы влажности почв Дальнего Востока / П. В. Ивашов. – Владивосток: БПИ ДВНЦ АН СССР, 1983. – С. 89-91.
7. Ивашов, П. В. Микроэлементный состав луговых глеевых почв

Среднеамурской равнины / П. В. Ивашов // Микроэлементы в антропогенных ландшафтах Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. – С. 47-62.

8. Ивашов, П. В. Биогеохимия и минералогия луговых глеевых почв Приамурья / П. В. Ивашов // Биогеохимические и геоэкологические исследования природно-техногенных экосистем. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – Вып. 18, – С. 7-97.

9. Ковальский, В. В. Микроэлементы в почвах СССР / В. В. Ковальский, Г. А. Андрианова – М.: Наука, 1970. – 180 с.

УДК 631.412 : 631.8 : 633.15

ГРНТИ 68.05, 68.35.29

ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗАХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

Калашников Р.П., аспирант,
Дальневосточный государственный аграрный университет,
г Благовещенск, Амурская область, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены результаты исследований по изучению питательного режима почвы при различных дозах удобрений под кукурузу при выращивании на зерно в условиях южной сельскохозяйственной зоны Амурской области. В результате исследований установлена динамика содержания нитратного и аммонийного азота, подвижных форм фосфора и калия в почве по фазам роста и развития кукурузы, наибольшая урожайность получена при внесении дозы минеральных удобрений $N_{60}P_{30} - 76,7$ ц/га.

Ключевые слова: кукуруза, доза удобрения, питательный режим, гибрид, минеральный азот, подвижный фосфор, подвижный калий, урожайность.

THE NUTRITIOUS MODE OF THE SOIL AT VARIOUS DOSES OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CULTIVATION CORN ON GRAIN

R.P. Kalashnikov

Abstract. The article reviews the results of research on studying of the nutritious mode of the soil at various doses of fertilizers under corn at cultivation on grain in the conditions of the southern agricultural zone of the Amur region. As a result of researches dynamics of maintenance of nitrate and ammoniyny nitrogen, mobile forms of phosphorus and potassium in the soil on growth phases and development of corn is established, the greatest productivity is received at introduction of a dose of the mineral $N_{60}P_{30}$ fertilizers – 76,7 c/hectare.

Key words: corn, fertilizer dose, nutritious mode, hybrid, mineral nitrogen, mobile phosphorus, mobile potassium, productivity.

Кукуруза – одна из важнейших сельскохозяйственных культур в мире. Её уникальность состоит в высокой потенциальной урожайности и широкой универсальности использования, которая при высоком продуктивном и адаптивном потенциале способна эффективно использовать почвенно-климатические факторы, хорошо отзываться прибавкой урожая на улучшение водного и пищевого режимов почвы, общего агротехнического состояния посевов [5; 6; 11].

В Амурской области кукуруза выращивается с середины двадцатого века. В настоящее время к кукурузе вновь возрос интерес, но уже не только как к кормовой, силосной, но и как к зерновой культуре. Наличие современных скороспелых сортов и технологий позволяют получать высокую урожайность [10]. По данным Министерства сельского хозяйства в области ежегодного кукуруза на зерно возделывается на площади более 20 тыс. га, урожайность же в среднем составляет 36,8 ц/га [3].

Кукуруза является сырьем для перерабатывающей промышленности, ценной продовольственной и важнейшей кормовой культурой. Для получения высоких урожаев и улучшения качества зерна

и зеленой массы этой культуры необходимо сбалансированное минеральное питание. К числу наиболее дефицитных основных элементов питания относятся азот, фосфор и калий. Многочисленные исследования свидетельствуют о положительном их влиянии на продуктивность кукурузы [8; 9].

Исследования по влиянию различных доз минеральных удобрений на продуктивность кукурузы проводились в 2014-2017 гг. на луговой черноземовидной среднетяжелой почве в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области на второй надпойменной террасе Зейско-Буреинской равнины на опытном поле ФГБОУ ВО Дальневосточного ГАУ в с. Грибское Благовещенского района.

В исследования были включены гибриды раннеспелой группы.

Опыт был заложен по следующей схеме: 1. Контроль (без внесения удобрения); 2. $N_{30}P_{30}$; 3. $N_{60}P_{30}$; 4. $N_{60}P_{60}$; 5. $N_{90}P_{60}$; 6. $N_{120}P_{60}$; 7. $N_{30}P_{30}+N_{20}$ (некорневая)

Повторность в опытах 4-х кратная, с последовательным расположением вариантов, учетная площадь делянки 32 м^2 . В опыте использовали 3 вида удобрений: аммофос и аммиачная селитра вносились весной до посева вручную под предпосевную культивацию, и мочевина в виде некорневой подкормки по вегетации в фазе 3-5 листа.

В течение вегетационного периода проводили отборы почвенных образцов по основным фазам роста и развития кукурузы тростевым буром для определения агрохимических показателей почвы: подвижный фосфор и калий по методу Кирсанова; нитратный азот ионометрическим методом; обменный аммоний по методу ЦИНАО.

Основная роль в питании растений принадлежит минеральным формам азота: нитратному (NO_3) и аммиачному (NH_4). Ион NH_4^+ легко поглощается почвой с частичным переходом в необменное (фиксированное) состояние. Ион NO_3^- не поглощается почвой ни химически, ни физико-химически, находится преимущественно в почвенном растворе и легко используется растениями [1; 2].

В ходе исследований было определено содержание в почве (0-20 см) нитратного азота (рис. 1).

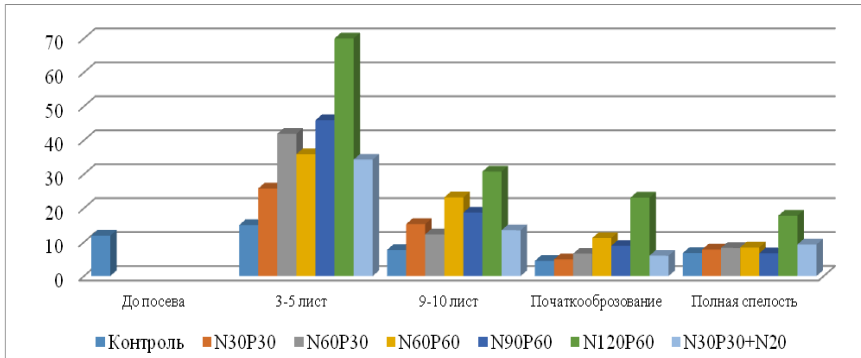


Рис. 1. Содержание нитратного азота в почве по фазам роста и развития растений кукурузы, мг/кг почвы (среднее за 2014-2017 гг.)

Согласно полученным данным содержание нитратного азота до посева в среднем за 4 года исследования составило 11,9 мг/кг почвы. В фазе 3-5 листа его количество увеличивается во всех вариантах опыта, в том числе и на контроле (15,0 мг/кг почвы). Наибольшее увеличение отмечено в варианте $N_{120}P_{60}$ – 71,2 мг/кг, что выше контроля на 56,2 мг/кг. В период интенсивного роста культуры, происходит активное потребление азота из почв, что влияет на снижения его, в последующие вегетативные фазы. Содержание нитратного азота перед уборкой культуры (в фазе полной спелости) увеличивается по вариантам, за исключением $N_{60}P_{60}$; $N_{120}P_{60}$ и $N_{30}P_{30}+N_{20}$, где наблюдается незначительный спад нитратного азота в почве.

Содержание аммонийного азота в почве до посева культуры составило 32,2 мг/кг почвы (рис. 2).

На рисунке 2 показано увеличение содержания аммонийного азота во все фазы роста и развития кукурузы относительно контроля по всем вариантам опыта. Максимальные значения аммонийного азота в течение вегетационного периода в почве наблюдались в вариантах $N_{120}P_{60}$ и $N_{30}P_{30}+N_{20}$.

В ходе исследования, кроме минерального азота, в почве было определено содержание подвижного фосфора по основным фазам роста и развития кукурузы (рис. 3).

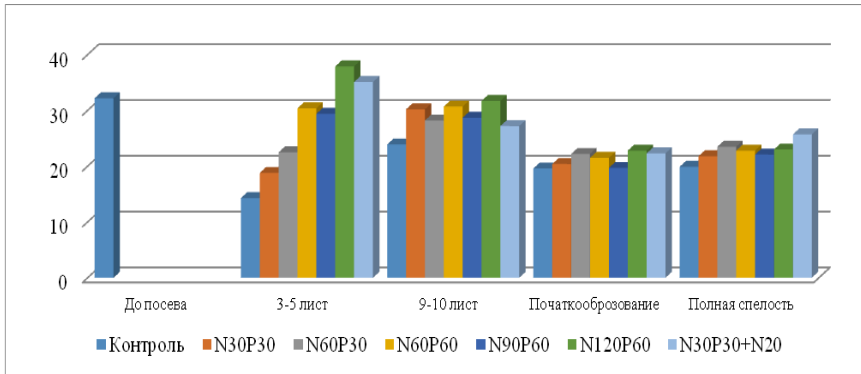


Рис. 2. Содержание аммонийного азота в почве по фазам роста и развития растений кукурузы, мг/кг почвы (среднее за 2014-2017 гг.)

Количество фосфора (P_2O_5) в разных почвах колеблется от 0,03 до 0,2%, его больше в почвах с высоким содержанием органического вещества, чем в почвах бедных гумусом. Фосфор в почвах представлен различными органическими и минеральными соединениями. Органический фосфор входит в составе гумуса, а также органические соединения фосфора растительных и микробных клеток. К минеральным формам фосфора относятся различные соли фосфорной кислоты (фосфаты кальция, магния, железа, алюминия и др.) и фосфорсодержащие минералы, такие как апатит, фосфорит и вивианит [2; 4; 7].

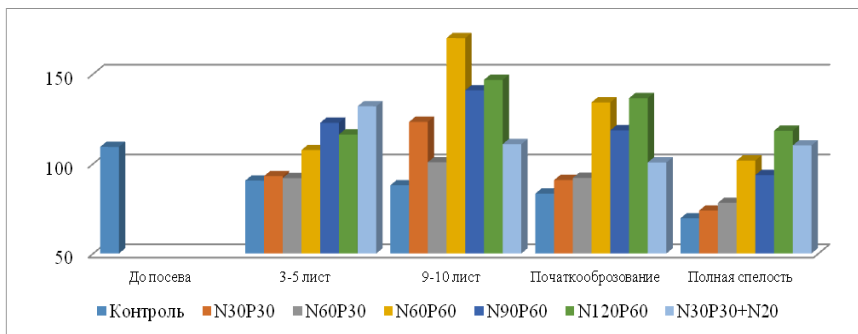


Рис. 3. Содержание подвижного фосфора в почве по фазам роста и развития растений кукурузы, мг/кг почвы (среднее за 2014-2017 гг.)

Содержание подвижного фосфора в почве до посева составляло 109,4 мг/кг почвы. В фазе 3-5 лист наибольшее содержание отмечено в варианте с подкормкой – 132,0 мг/кг, что превысило контрольный вариант на 41,4 мг/кг почвы. Перед уборкой кукурузы содержание подвижного фосфора на контроле составило 69,6 мг/кг почвы. Максимальное значение отмечено в варианте $N_{120}P_{60}$ – 118,4 мг/кг, что выше контроля в 2 раза.

Содержания калия в почве зависит в основном от количества и состава калийсодержащих минералов: первичных (полевые шпаты, слюды) и вторичных (вермикулит, глауконит), в труднодоступной для растений форме. Основным источником доступного для растений калия является обменный, который находится в составе почвенного поглотительного комплекса (ППК). Необменный, или фиксированный калий труднодоступен для растений, однако он может переходить в обменное состояние и служит ближайшим резервом доступного калия [2; 4].

Динамика содержания обменного калия в почве по фазам роста и развития кукурузы при применении удобрений представлена на рисунке 4.

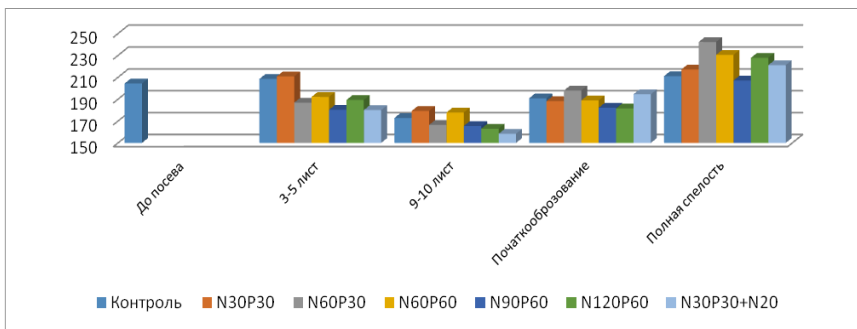


Рис. 4. Содержание обменного калия в почве по фазам роста и развития растений кукурузы, мг/кг почвы (среднее за 2014-2017 гг.)

Содержание обменного калия в среднем за четыре года в почвенном слое 0-20 см до посева составило 204,3 мг/кг почвы. Максимальное значение данного элемента до фазы початкообразования отмечено в варианте $N_{30}P_{30}$ – 210,8 мг/кг, в остальных вариантах опыта содержание калия ниже, чем на контрольном варианте.

В фазе початкообразования повышенное содержание K_2O отмечено в вариантах $N_{60}P_{30}$ –197,9 мг/кг и $N_{30}P_{30}+N_{20}$ –194,5 мг/кг. Содержание данного элемента в фазу полной спелости на контрольном варианте составило 211,0 мг/кг, ниже контроля содержание калия в почве отмечалось в варианте $N_{90}P_{60}$ и составило 207,1 мг/кг, в остальных вариантах опыта содержание калия выше относительно контроля за исключением варианта.

Удобрения положительно влияют на урожайность кукурузы, они способствуют ускорению прорастания семян, и росту растения, накоплению большей зеленой массы, улучшают питание растения, повышает качество получаемых семян, препятствуют полеганию растений.

Высокое значение урожайности кукурузы в среднем за 4 года получено в варианте $N_{60}P_{30}$ – 76,7 ц/га, что превысило контроль на 9,3 ц/га (табл.).

Таблица

Урожайность кукурузы на зерно на различных уровнях минерального питания, ц/га (среднее за 2014-2017 гг.)

Вариант	Год				Среднее за 4 года	Отклонение от контроля
	2014	2015	2016	2017		
1 Контроль без удобрений	56,1	84,7	58,4	70,4	67,4	-
2 $N_{30}P_{30}$	57,7	92,3	61,9	75,0	71,7	+4,3
3 $N_{60}P_{30}$	67,0	95,6	62,8	81,3	76,7	+9,3
4 $N_{60}P_{60}$	64,1	91,3	67,7	77,7	75,2	+7,8
5 $N_{90}P_{60}$	62,2	93,6	66,8	77,9	75,1	+7,7
6 $N_{120}P_{60}$	62,7	90,4	65,6	76,5	73,8	+6,4
7 $N_{30}P_{30}+N_{20}$	60,7	98,1	64,5	79,4	75,7	+8,3
HCP_{05} ц/га	4,4	1,8	3,2	2,0	1,7	

В среднем за четыре года максимальная урожайность зерна отмечается на варианте $N_{60}P_{30}$ 76,7 ц/га, что выше контроля на 9,3 ц/га, высокая урожайность по данному варианту наблюдалась в 2014 и 2017 годах, связано это с оптимальными погодными условиями в данные годы.

Таким образом, нами была установлена динамика содержания

нитратного и аммонийного азота в почве по фазам роста и развития кукурузы и выявлена её зависимость от доз вносимых минеральных удобрений. Внесение азотно-фосфорных минеральных удобрений способствует повышению содержания подвижных форм фосфора и калия в почве, что приводит к увеличению плодородия почвы.

Минеральные удобрения существенно улучшают рост и развитие растений кукурузы. Определена оптимальная доза минерального удобрения при возделывании кукурузы в условиях южной сельскохозяйственной зоны Амурской области – $N_{60}P_{30}$, позволяющая увеличить продуктивность зерна кукурузы на 13,8% по сравнению с неудобренным фоном.

Список литературы

1. Вальков, В. Ф. Почвоведение: учебник для бакалавров / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2013. – 527 с. – (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-2187-8. — Текст: непосредственный
2. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение / Н. Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт, 2001. – 392 с.; ил.; табл.; 21 см.; ISBN 5-94325-003-4. – Текст: непосредственный.
3. География [сайт]. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://geographyofrussia.com/pochvenno-geograficheskoe-rajonirovanie> (дата обращения: 15.10.2019). – Текст: электронный
4. Кирюшин, В. И. Агрономическое почвоведение: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение»: [учебник для вузов] / В. И. Кирюшин. – Санкт-Петербург: КВАДРО, 2013. – 678, [1] с. : ил., табл.; 22 см.; ISBN 978-5-906371-02-7. – Текст: непосредственный.
5. Кукуруза: современная технология возделывания / А. П. Шиндин [и др.]; под общ. ред. В. С. Сотченко. – 2-е изд., доп. – Москва : РосАгроХим, 2012. - 149 с. : цв. ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-905745-02-7. – Текст: непосредственный.
6. Кукуруза. Современная технология возделывания / В. С. Сотченко, А. П. Шиндин, В. Н. Багринцева [и др.]; под ред. В. С. Сотченко. – М.: ГНУ ВНИИ кукурузы Россельхозакадемии, 2009. – 127 с. – Текст: непосредственный.
7. Муравин, Э. А. Агрохимия: учебник: для подготовки бакалавров по направлению «Агрономия» / Э. А. Муравин, Л. В. Ромодина, В. А. Лит-

винский. – Москва : Академия, 2014. – 301, [1] с. : ил., табл.; 22 см. – (Высшее образование. Бакалавриат) (Сельское хозяйство); ISBN 978-5-4468-0579-2. – Текст: непосредственный.

8. Мышко, М. Н. Урожайность и качество кукурузы в зависимости от удобрений на выщелоченном черноземе Кубани: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд с.-х. наук: 06.01.04 / Мышко Марина Николаевна; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2004. – 21 с.

9. Подлесный, А. И. Повышение урожайности и улучшение качества зерна разных подвидов кукурузы путём совершенствования минерального питания на черноземе выщелоченном западного предкавказья: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд с.-х. наук: 06.01.01 / Подлесный Андрей Иванович; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2013. – 24 с.

10. Система земледелия Амурской области: произв.-практ. справ. / М-во сельского хоз-ва Рос. Федерации, [и др.]; под общ. ред. П. В. Тихончука. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2016. – 570, [4] с.: табл., карты. – Библиогр.: с. 483-488. – ISBN 978-5-9642-0276-9. – Текст: непосредственный.

11. Шахов, А. А. Фотоэнергетика растений и урожай / А. А. Шахов; Рос. АН, Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева. – М. : Наука, 1993. – 415 с. : ил.; 22 см.; ISBN 5-02-004182-2. – Текст: непосредственный.

УДК 631.41(571.61)

ГРНТИ 68.05

АГРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПАХОТНЫХ ПОЧВ АГРОФИРМЫ АНК «МИЛАНКА»

Карегина Ж.М., канд. с.-х. наук;

Гавриков И.В., магистрант,

Дальневосточный государственный аграрный университет,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия

Аннотация. В процессе работы были проанализированы агрохимические картограммы 1987, 1999 гг. и данные 2017 гг., полученные при подготовке выпускной квалификационной работы. При проведении агрохимического обследования оценки пахотных почв полей кормового севооборота агрофирмы АНК «МилАНКа», было выяв-

лено, что данные почвы не утратили естественное плодородие и незначительно испытывают антропогенную нагрузку. Для поддержания плодородия почв необходимо вносить минеральные и органические удобрения, соблюдать севообороты с посевом многолетних трав.

Ключевые слова: пахотные почвы, плодородие, агрохимический мониторинг, кислотность, гумус, сумма поглощённых оснований, фосфор, калий.

AGROCHEMICAL MONITORING OF ARABLE SOILS OF THE AGRICULTURAL COMPANY ANC «MILANKA»

Zh.M. Karegina, I.V. Gavrikov

Abstract. In the process, the agrochemical cartograms of 1987, 1999 and the data of 2017 obtained during the preparation of the final qualification work were analyzed. When conducting an agrochemical examination of the agricultural firm of ANC «MilANCa», it was found that these soils did not lose their natural fertility and experience little anthropogenic stress. To maintain soil fertility, it is necessary to introduce mineral and organic fertilizers, observe crop rotation with sowing perennial grasses.

Key words: arable soil, fertility, agrochemical monitoring, acidity, humus, amount of adsorbed bases, phosphorus, potassium.

Плодородие земель сельскохозяйственного назначения определяется как способность почвы удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать урожай культурных растений. Следовательно, сохранение, воспроизводство и рациональное использование плодородия земель сельскохозяйственного назначения является одним из условий стабильного развития агропромышленного комплекса России [1].

Важную роль в регулировании почвенного плодородия играет агрохимический мониторинг состояния почв, включающий наблюдения за изменениями агрохимических показателей в пахотном слое

почвы и влиянием этих изменений на формирование количества и качество урожая. С помощью мониторинга можно установить потребность растений в элементах питания и других факторах плодородия [4].

Объект и методика проведения исследования. Целью исследований являлось: обработка материала агрохимического обследования по 3-м турам (1987, 1999, 2017 гг.).

Для достижения поставленной цели были проанализированы агрохимические картограммы 1987, 1999 гг. За 2017 гг. представлены данные, полученные при подготовке выпускной квалификационной работы.

Объектом исследования является почва полей кормового севооборота агрофирмы АНК «МилАНКа» с. Грибское, Благовещенского района. Для исследования были выбраны пять полей общей площадью – 551 га.

По результатам обработки данных агрохимического обследования были составлены сводные таблицы по основным физико-химическим и химическим показателям пахотных почв по трем турам обследования.

Результаты исследований Важный фактор почвенного плодородия, оказывающий значительное влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур – кислотность почвы [3].

По результатам 3-х туров агрохимического обследования выявлено, что вся исследуемая площадь имеет слабокислую реакцию среды и относится к IV классу обеспеченности. Из полученных данных можно сделать вывод, что значение кислотности варьирует по турам обследования (табл. 1);

Гумус – один из важнейших компонентов почвы, который определяет уровень естественного плодородия и обеспеченность элементами минерального питания растений, а также обуславливает физико-химические свойства [2].

Установлено, что 62% площади имеет низкое содержание гумуса и 38% имеет очень низкое содержание и относятся к II и I классу обеспеченности соответственно. За 30 лет содержание гумуса практически не изменилось. Отмечается только спад в 1999 гг. Возможно, это связано с тем, что в это время не вносились органические удобрения. К настоящему времени за счет внесения органических удобрений и заправки соломы содержание гумуса восстановилось, но, в общем, остается низким.

28% исследуемой площади имеет высокую сумму поглощенных оснований и относится к V классу обеспеченности, 54% исследуемой площади имеет повышенную сумму поглощенных оснований и относится к IV классу обеспеченности и 18% исследуемой площади имеет среднее содержание и относится к III классу обеспеченности (табл. 2).

25% исследуемой площади имеет повышенную гидролитическую кислотность и относится к IV классу, остальные 75% имеют высокую гидролитическую кислотность и относятся к V классу обеспеченности.

Важный показатель плодородия почв – содержание подвижного фосфора. Обеспеченность подвижными формами этого элемента – одним из основных показателей окультуренности почв [5].

По результатам обработки данных выявлено, что 44% обследуемой площади имеет повышенное содержание подвижного фосфора и относится к IV классу, 28% имеют среднее содержание этого элемента, и относится к III классу обеспеченности, 28% имеют низкое содержание и относится к II классу обеспеченности. За три тура обследования по содержанию фосфора отмечается почвенная неоднородность (табл. 3).

Таблица 1

Физико-химические показатели пахотных почв по трем турам обследования (1987, 1999, 2017 гг.)

№ поля	Площадь, га	pHсол				Гумус, %			
		1987	1999	2017	Среднее значение за 3 тура	1987	1999	2017	Среднее значение за 3 тура
1	100	5,3 IV	5,6 V	4,8 III	5,2 IV	2,8 II	1,5 I	2,7 II	2,3 II
2	140	5,4 IV	6,0 V	4,8 III	5,4 IV	2,5 II	1,2 I	2,5 II	2,0 I
3	70	5,2 IV	5,3 IV	5,0 III	5,2 IV	2,7 II	1,0 I	2,4 II	2,0 I
4	86	5,2 IV	5,3 IV	4,8 III	5,1 IV	2,3 II	1,2 I	2,6 II	2,0 I
5	155	5,1 IV	5,9 V	5,1 IV	5,4 IV	3,1 II	2,6 II	3,3 II	3,0 II
Среднее по пло- щади	551	5,2 IV	5,6 V	4,9 III	5,3 IV	2,7 II	1,5 I	2,7 II	2,3 II

Таблица 2

Физико-химические показатели пахотных почв по трем турам обследования (1987, 1999, 2017 гг.)

№ поля	Площадь, га	S, мг.экв/100 г почвы				Нг, мг.экв/ 100 г почвы			
		1987	1999	2017	Среднее значение за 3 тура	1987	1999	2017	Среднее значение за 3 тура
1	100	14,8 III	10,8 III	15,9 IV	13,8 III	4,2 III	1,5 VI	3,5 IV	3,0 V
2	140	18,5 IV	16,0 IV	16,9 IV	17,1 IV	2,4 V	1,5 VI	4,0 IV	2,6 V
3	70	17,8 IV	18,8 IV	17,6 IV	18,0 IV	3,0 V	2,2 V	3,5 IV	2,9 V
4	86	18,8 IV	12,0 III	17,4 IV	16,0 IV	3,5 IV	3,2 IV	3,7 IV	3,5 IV
5	155	19,1 IV	21,5 V	19,9 IV	20,2 V	2,6 V	1,9 VI	3,0 V	2,5 V
Среднее по пло- щади	551	17,8 IV	15,8 IV	17,5 IV	17,0 IV	3,1 IV	2,0 VI	3,5 IV	2,9 V

Таблица 3

Химические показатели пахотных почв по трем турам обследования (1987, 1999, 2017 гг.)

№ поля	Площадь, га	P ₂ O ₅ , мг/кг				K ₂ O, мг/кг			
		1987	1999	2017	Среднее значение за 3 тура	1987	1999	2017	Среднее значение за 3 тура
1	100	99 III	141 IV	69 III	103 IV	192 V	221 V	104 III	172 V
2	140	46 II	156 V	106 IV	103 IV	120 III	201 V	109 III	143 IV
3	70	63 III	86 III	149 IV	99 III	131 IV	113 III	220 V	155 IV
4	86	75 III	89 III	75 III	80 III	122 IV	110 III	103 III	112 III
5	155	55 III	28 II	54 III	47 II	161 IV	121 IV	142 IV	141 IV
Среднее по пло- щади	551	68 III	100 III	91 III	86 III	145 IV	153 IV	136 IV	145 IV

16% площади имеет среднее содержание обменного калия; 66% имеет повышенное содержание и 18% имеет высокое содержание, и относятся к III, IV и V классу обеспеченности соответственно (табл. 3).

Выводы. При проведении агрохимического обследования оценки пахотных почв полей кормового севооборота агрофирмы АНК «МилАНКа», было выявлено, что данные почвы не утратили естественное плодородие и незначительно испытывают антропогенную нагрузку. Для поддержания плодородия почв необходимо вносить минеральные и органические удобрения, соблюдать севообороты с посевом многолетних трав.

Список литературы

1. Кирюшин В.И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий : методическое руководство / В.И.Кирюшин, А.Л. Иванов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784с
2. Багаутдинов Ф.Я. Состав и трансформация органического вещества почв / Ф.Я. Багаутдинов, Ф.Х. Хазиев. - Уфа: Гилем, 2000. 210с.
3. Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв / В.Д.Соловиченко. - Белгородской области. – Белгород: Отчий дом, 2005. – 292 с.
4. Сычев В. Г. Система агроэкологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения / В. Г. Сычев, Е. Н. Ефремов, М. И. Лунев. - М.: Госсельхозакадемия, 2006. 79 с.
5. Чекмарев П.А. Мониторинг плодородия пахотных почв Центрально-Черноземных областей России / П. А. Чекмарев, С. В. Лукин. // Агрохимия. 2013. №4.С. 11-22.

УДК 631.41 + 630*1(571.61)
ГРНТИ 68.05, 68.47

УВЕЛИЧЕНИЕ КОРНЕЙ ЛИСТВЕННОИЦЫ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ КИТАЕ ПРИ БЫСТРО ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

^{1,2} Koike T., ² Qu LY*, ^{1,3} Wang XN, ¹ Fujita S. +, ¹ Watanabe T.,
⁴ Satoh F., ^{1,4} Makoto K.*

¹ Школа сельского хозяйства, университет Хоккайдо,
Саппоро 060-8589, Япония;

² Научно-исследовательский центр экологических наук, Китайская
академия наук, Пекин 100085, Китай & Университет Китайской
академии наук, Пекин 100049, Китай;

³ Сельскохозяйственный университет Хэбэй, Баодин 071001, Китай;

⁴ Научные исследования северной биосферы,

Университет Хоккайдо, Саппоро 060-0809, Япония;

+ : текущий адрес; Высшая школа сельского хозяйства и наук
о жизни, Токийский университет, Токио 113-8657, Япония

*: соответственно автору

Аннотация. Для достижения целей в области устойчивого развития рекомендуем использовать специфические эктомикоризы (ЭКМы), отобранные из саженцев лиственницы (*Larix sp.*) при различных нагрузках (повышенное содержание CO₂, O₃; высокое содержание соединений азота и фосфора; различные уровни в содержании фосфора). Учитывая острую проблему истощения фосфатной (P) породы, способность эктомикоризы абсорбировать фосфор при увеличенном использовании древесины в Дальневосточной Азии, может стать устойчивым и экологичным решением. Для успешного выращивания саженцев лиственницы (*Larix sp.*) в контейнерах с почвой с низким содержанием фосфора, мы предлагаем использовать для посадки саженцы лиственницы, зараженные эктомикоризой, чтобы избежать дефицита P. Полезные эктомикоризы были успешно отобраны при выращивании саженцев лиственницы, под влиянием различных сочетаний повышенных уровней CO₂, O₃, азота и фосфора.

Мы также разработали эффективное использование биочара для раннего укоренения лиственницы. В северной части Дальневосточной Азии (Амурская область, Россия и северо-восточный Китай) экологически и экономически важным видом является лиственница (*Larix*). Мы ожидаем фиксацию CO₂ при выращивании лиственницы для сдерживания глобального потепления, посредством сокращения поступления CO₂ в атмосферу с использованием нашего недавно разработанного метода.

Ключевые слова: Дальневосточная Азия, лиственница (*Larix sp.*), эктомикориза, изменяющаяся окружающая среда.

IMPROVEMENT OF ROOTAGE OF LARCH SPECIES IN AMUR OF RUSSIA AND NORTHEAST CHINA UNDER RAPID CHANGING ENVIRONMENT

^{1,2} Koike T., ² Qu LY*, ^{1,3} Wang XN, ¹ Fujita S. +,
¹ Watanabe T., ⁴ Satoh F., ^{1,4} Makoto K*

¹ School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Japan;

² Research Center for Eco-Environmental Sciences, CAS, Beijing 100085, China & University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China;

³ Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China;

⁴ Field Science for Northern Biosphere, Hokkaido University, Sapporo 060-0809, Japan;

+ : present address; Graduate School of Agriculture and Life Sciences, The University of Tokyo, Tokyo 113-8657, Japan

*: corresponding author

Abstract. To achieve sustainable development goals (SDGs), we strongly suggest the employment of specific ectomycorrhizae (ECMe) selected from larch (*Larix sp.*) seedlings under various stresses (elevated CO₂, O₃ or high nitrogen application with different phosphorous; P levels). With the urgent concern of phosphorous (P) rock depletion, P absorption ability aided by ECMe for increasing woods in Far-East Asia may be a sustaina-

ble and eco-friendly solution. To successfully plant larch (*Larix* sp.) seedling stocks of larch (*Larix* sp.) with use of container grown ones in P rock depletion, we suggest the use of ECMe to make planting stocks of ECM infected larch seedlings to avoid P deficiency. The useful ECMe were successfully selected by larch seedlings grown under the combination of elevated CO₂ and O₃ or high Nitrogen loading with or without P. We also developed efficient use of biochar for early rootage of larch. In northern part of Far-East Asia (Amur state of Russia and NE China), ecologically and economically important species is larch (*Larix*) species. We expect CO₂ fixation and storage capacity of larch there to moderating global warming through reducing CO₂ in the atmosphere with use of our newly developed method.

Key words: Far-East Asia, Larch (*Larix* sp.), Ectomycorrhizae, Changing environment

Одним из важных аспектов в области устойчивого развития, который должен быть достигнут, является оптимальное использование лесных ресурсов в северо-восточной части Дальнего Востока Азии, которая на сегодняшний день активно развивается. Для этого нужно успешно выращивать саженцы лиственницы (*Larix* sp.) при использовании контейнеров с почвой с низким содержанием фосфора [11]. Мы вносим агроудобрения в контейнеры, для эффективного выращивания рассады для лесонасаждений. Чтобы преодолеть истощение фосфора, мы будем использовать зараженные эктомикоризой саженцы лиственницы, без использования фосфорных удобрений. В северной части Дальневосточной Азии (Амурская область, Россия и северо-восточный Китай), экологически и экономически значимым видом является лиственница (*Larix* sp.). Эти виды распространены в северной части Евразийского континента, где частично присутствует вечная мерзлота [2]. Эти виды характеризуются быстрым ростом и относительно высокой плотностью древесины, около 0,55 г/см³ [10]. Мы ожидаем, что фиксация и закрепление CO₂ лиственницей будет сдерживать глобальное потепление за счет снижения содержания CO₂ в атмосфере.

В этой статье мы предлагаем разумное использование эктоми-

коризы для лесонасаждения лиственницы на северо-востоке Дальнего Востока Евразии под влиянием в процессе роста динамически изменяющихся условий окружающей среды, учитывая проблему истощения запасов фосфатной породы в мире. Эта статья посвящена профессору Валентине Федоровне Прокопчук в память о научном содружестве и руководстве, а также о ее большом опыте в области почвоведения.

Материалы и методы.

Растительные материалы

Акцент был сделан на лиственнице даурской (*Larix gmelinii*), японской (*L. kaempferi*) и их гибридной лиственнице F1 (*L. gmelinii* x *L. kaempferi*) поскольку их ростовые характеристики ранее были хорошо изучены и проанализированы [5, 10]. Для исследований использовали двухлетние саженцы, которые были изготовлены и выращены в научно-исследовательском институте лесного хозяйства Хоккайдской исследовательской организации в Бибэе (43.3N; 141.9E) рядом с Саппоро, Япония. Условия эксперимента были следующими: 1) фумигация CO₂ / O₃ и 2) добавление азота (N) и фосфора (P). Так как Северная Япония покрыта вулканическим пеплом, исследуемая почва была хорошо обогащена выветренным вулканическим пеплом; Витрик Эндосолс (Vitric Andosols) (т.е. пемза Канумы (Kanuma) и Акадамы (Akadama)); с отсутствием элементов кроме Силика (Silica) (диоксида кремния) и кремния).

Обработка

Для исследований использовали набор из 16 камер с открытым верхом (1,2 x 1,2 x 1,2 м) с пленкой Nobi, пропускающей УФ-А излучение. Выращивали саженцы F1 в течение двух вегетационных периодов, которые обрабатывали комбинацией с повышенным содержанием CO₂ (600 ppm) и O₃ (70 ppm). Для эксперимента с добавлением N отдельные проростки лиственницы обрабатывали 100 кг N/га в год с использованием и без использования фосфорных удобрений (50 кг/га в год; одноосновной фосфат; KН₂РO₄). Все саженцы обрабатывали при полном солнечном освещении и время от времени поливали водопроводной водой, чтобы избежать высыхания. Исследования проводили с конца апреля до середины ноября. Средняя температура с апреля по октябрь была макс. 26,4 °C и мин. 3,2 °C за

последние 30 лет.

Измерение и идентификация эктомикоризы

Эктомикоризу выделяли с помощью саженцев лиственницы, выращенных с использованием комбинаций с повышенным содержанием CO_2 и O_3 или с высоким содержанием азота и фосфора. После сброса иголок в начале ноября были выкопаны корни и проведены наблюдения за корневыми окончаниями. Подсчитано, что количество колонизаций эктомикоризы составило более 2000 на корень. Мы собрали под микроскопом окончания корней с эктомикоризой и размолотили их. Мы провели ПЦР (PCR) диагностику и ITS (внутренние транскрибированные спейсеры) региональный анализ с помощью поиска основного локального выравнивания (BLAST) [12, 14].

Результаты и обсуждение

1) Повышенный уровень CO_2 and O_3

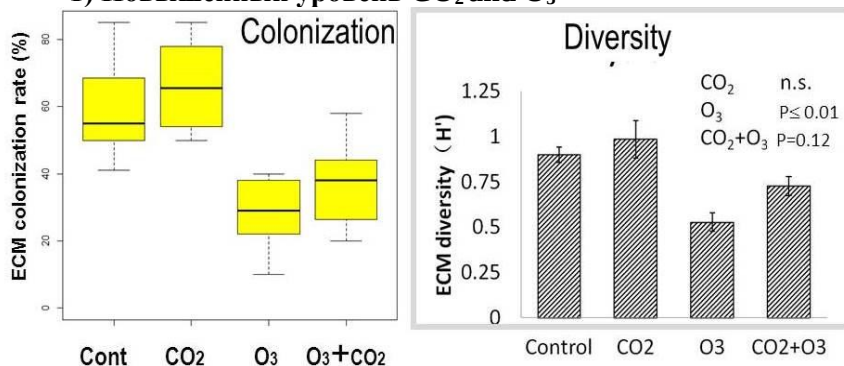


Рис. 1. Колонии эктомикоризы и её биоразнообразие у лиственницы гибрида F1 (Wang и др., 2015 г.)

Видовое богатство и разнообразие эктомикоризы было снижено повышенным уровнем O_3 , но такое снижение сдерживалось повышением CO_2 (рис. 1) [13]. При достаточном количестве фотосинтеза в проростках лиственницы, выращенных при повышенном содержании CO_2 , доминирующий тип эктомикоризы был ранним сукцессионным и включил большое количество видов, а именно *Tomentella sp.* и *Laccaria sp. laccata*. При обработке O_3 эти два вида эктомикоризы не наблюдались, однако, остались другие виды –

Suillus laricinus и *S. grevillei*. Эти два вида, возможно, необходимо использовать при озеленении для ускорения роста саженцев лиственницы.

2) Осаждение азота под влиянием фосфора

При применении высоких доз азотных удобрений (независимо от внесения фосфорных) подавлялось развитие корней [3]. Это может привести к низкой выживаемости саженцев в случае наступления засухи в регионах с годовым количеством осадков менее 400 мм/год. В последнее время большой проблемой на севере Дальнего Востока Евразии является увеличение содержания азота с уменьшением эмиссии SOx из Китая (т.е. подавление реакций NOx + SOx). Следовательно, избыток NOx приведет к кислотным осадкам на Дальнем Востоке Евразии, особенно в северо-восточном Китае и на Дальнем Востоке России и их окрестностях. Для устойчивого развития этих территорий нам необходимо рассматривать и разрабатывать новые идеи успешной работы с посадочным материалом для лесонасаждений лиственницы.

Разумное использование биочара

По результатам полевых исследований в Амурской области [6] древесный уголь, остающейся после лесных пожаров, играет важную роль в восстановлении леса (рис. 2).



Рис. 2. Молодой саженец сосны, проросший на древесном угле (фото Makoto K.)

Симбиоз деревьев-хозяев и эктомикоризы позволяет высаживать посадочный материал на бедных питательными веществами участках почвы. Симбиотическая функция этих отношений ускоряется при наличии древесного угля, который вырабатывается при температуре около 400–600°C (но не при температуре 800–900°C) в определенных участках почвы [7, 8].

Слой древесного угля в почве хорошо действует в нижней части корневой зоны, но распределяется не равномерно для раннего роста саженцев лиственницы Даурской (рис. 3) [7]. Высокая пористость и достаточная электропроводность древесного угля ведет к сформированности симбиоза эктомикоризы и хозяина. Кроме того, множественное заражение эктомикоризой растений-хозяев эффективно для фотосинтеза и роста [9] так как некоторые эктомикоризы обладают высокой устойчивостью к низкому pH, но высокой чувствительностью к токсичности Al, и наоборот [4].

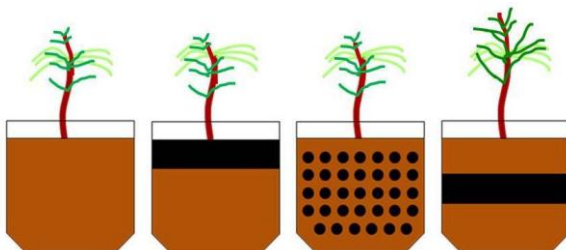


Рис.3. Расположение древесного угля в горшке с лиственницей (Makoto и др., 2010)

Заключение

Мы будем использовать специальные эктомикоризы (*Suillus* sp.) для лиственницы при изготовлении контейнерных посадочных материалов без использования фосфорных удобрений в условиях истощения фосфатной (P) породы. Более того, при лесонасаждении мы ожидаем высокий процент укоренения зараженных эктомикоризой саженцев лиственницы, потому что эти эктомикоризы были относительно стабильными под влиянием стрессовых условий окружающей среды (повышенный уровень O_3 , CO_2 , высокая азотная нагрузка). Кроме того, мы ожидаем фиксацию и аккумуляцию CO_2 на северо-востоке Дальневосточного региона Евразии.

Подтверждения

Мы выражаем благодарность за совместные полевые исследования, проведенные под надлежащем руководством покойного профессора В.Ф. Прокопчук, С. В. Брянину и всем представителям Дальневосточного государственного аграрного университета, Амурская область, Россия. Этот мини-обзор является совместным проектом между Японской академией наук и Китайской академией наук (УУ2019-2021). Исследования первого автора финансируется Международной стипендиальной инициативой Президента Академии наук Китая (грант № 2019VCA0011).

Список литературы

1. Abaimov, A. P. Forest ecosystems of the cryolithic zone of Siberia; regional features, mechanisms of stability and pyrogenic changes / A. P. Abaimov, O. A. Zyryanova, S. G. [et al.] // Eurasian Journal of Forest Research. – 2000. – V. 1. – P. 1-10.
2. Choi D. S. Growth and physiological activity in *Larix kaempferi* seedlings inoculated with ectomycorrhizae affected by soil acidification / D. S. Choi, H. O. Jin, D.J. Chung [et al.] // Trees. – 2008. – V. 22. – P. 729-735.
3. Fujita, S. The effect of nitrogen loading under low and high phosphorus conditions on above- and below-ground growth of hybrid larch F₁ seedlings / S. Fujita, X. N. Wang, K. Kita, T. Koike // iForest. – 2018. – V. 11. – P. 32-40.
4. Futai, T. A review of the ecological studies on effects of acidic deposition on interactions of forest biological communities: 2. Effects of acidic deposition on the interactions between trees and microorganisms / T. Futai, S. Kaneko, N. Hijii // Japanese Journal of Ecology. – 1994. – V. 44. – P. 339-352.
5. Kita, K. Breeding effort on hybrid larch F₁ and its responses to environmental stresses / K. Kita, T. Sugai, S. Fujita, T. Koike // Forest Genetics and Breeding. – 2018. – V. 7. – P. 108-114. (In Japanese)
6. Makoto, K. Regeneration after forest fires in mixed conifer broadleaved forests of the Amur region in Far Eastern Russia: the relationship between species specific traits against fire and recent fire regimes / K. Makoto, Y. P. Nemilostiv, O.A. Zyryanova // Eurasian Journal of Forest Research. – 2007. – V. 10. – P. 51-58.
7. Makoto, K. Buried charcoal layer and ectomycorrhizae cooperatively promote the growth of *Larix gmelinii* seedlings / K. Makoto, Y. Tamai, Y.S. Kim, T. Koike // Plant and Soil. – 2010. – V. 327. – P. 143-152
8. Makoto, K. Effects of fire-derived charcoal on soil properties and seedling regeneration in a recently burned *Larix gmelinii*/*Pinus sylvestris* forest / K. Makoto, M. Hirobe, T. H. DeLuca [et al.] // Journal of Soils and Sediments. –

2011. – V. 11. – P. 1317-1322.

9. Qu, L. Y. Allocation of ^{14}C -Carbon in infected with ectomycorrhizae of two species of larch seedlings / L. Y. Qu, T. Shinano, A. M. Quoreshi [et al.] // *Tree Physiology*. – 2004. – V. 24. – P. 1369–1376.

10. Ryu, K. Ecophysiological responses of the larch species in northern Japan to environmental changes as a base of afforestation / K. Ryu, M. Watanabe, H. Shibata [et al.] // *Landscape and Ecological Engineering*. – 2009. – V. 5. – P. 99 -106.

11. Tawaraya K. Researches on phosphorus nutrition against the forthcoming depletion of phosphate resources / K. Tawaraya, J. Wasaki // *Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition*. – 2012. – V. 83. – P. 173-176. (in Japanese)

12. Wang, X. N. Ectomycorrhizal colonization and growth of the hybrid larch F_1 under elevated CO_2 and O_3 / X. N. Wang, L. Y. Qu, Q. Mao [et al.] // *Environmental Pollution*. – 2015. – V. 197. – P. 116-126.

13. Wang, X. N. Effects of CO_2 and/or O_3 on the interaction between root of woody plants and ectomycorrhizae / X. N. Wang, E. Agathokleous, L. Y. Qu [et al.] // *Journal of Agriculture Meteorology*. – 2016. – V. 72. – P. 95-105.

14. Wang, X. N. Effects of simulated nitrogen deposition on ectomycorrhizae community structure in hybrid larch and its parents grown in volcanic ash soil: the role of phosphorous / X. N. Wang, E. Agathokleous, L. Y. Qu [et al.] // *Science of the Total Environment*. – 2018. – V. 618. – P. 905-915.

УДК 630*164.3
ГРНТИ 68.47

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОНКИХ КОРНЕЙ В СМЕШАННЫХ ДРЕВОСТОЯХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

Кондратова А.В., канд. с.-х. наук, науч. сотр.;
Абрамова Е.Р., инженер

Институт геологии и природопользования ДВО РАН,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия

Аннотация. Результаты исследований показывают количественное распределение тонких корней по классам диаметров и почвенным слоям в зависимости от типа растительности в северных хвойных лесах Амурской области. Мы установили, что в северных лиственничниках в слое почвы 0-10 см конкуренция со стороны травянистой растительности способствует увеличению биомассы тонких корней лиственных деревьев (береза, осина). Эта взаимосвязь характерна для тонких корни с диаметром 0,5-2 мм.

Ключевые слова: тонкие корни, конкуренция, древостой

FEATURES OF THIN ROOT DISTRIBUTION IN THE MIXED STANDS OF THE SOUTHERN TAIGA

A.V. Kondratova, E.R. Abramova

Abstract. The results show the quantitative distribution of thin roots by diameter classes and soil layers depending on the type of vegetation in the northern coniferous forests of the Amur region. We found that in northern larch forests in the soil layer of 0-10 cm competition from herbaceous vegetation contributes to the increase of biomass of thin roots of deciduous trees (birch, aspen). This relationship is characteristic of thin roots with a diameter of 0,5-2 mm.

Keywords: tine roots, competition, stand

Тонкие корни составляют наиболее динамичную часть корневой системы и вносят значительный вклад в оборот углерода и питательных веществ [3, 15]. Несмотря на малую долю в общей биомассе лесного фитоценоза (3-6%) они обеспечивают более 30% общей продукции лесной экосистемы [6]. Исследования показывают, что благодаря быстрому росту, отмиранию и разложению тонкие корни способны вносить от 30 до 80% органического углерода, ежегодно поступающего в почву [5, 9, 13].

Корни растут в гетерогенных средах, которые характеризуются неоднородными почвенными условиями даже на небольшой лесной площади, находятся во взаимодействии с соседними растениями, что может оказывать влияние на распределение тонких корней и содержание общего углерода в почве. Понимание особенностей пространственного расположения тонких корней может помочь предсказать их реакцию на неблагоприятные стрессовые условия (пожары, рубки), изменение климата.

Конкуренция со стороны совместно произрастающих растений может быть существенной. Чтобы избежать конкуренции за ресурсы, деревья могут использовать различные стратегии путем изменения характеристик корней, таких как длина, площадь, биомасса и ее распределения в почвенном слое [2, 10, 12]. Данные, полученные в подзоне южной тайги Центральной России, показали влияние внутри- и межвидовой конкуренции на пространственное распределение биомассы и мортмассы корней древесных растений в смешанных древостоях [2]. Исследованиями на юге Китая установлено, что корневая биомасса древостоя куннингамии ланцетовидной (вечнозеленое хвойное дерево) значительно повышается в связи с конкуренцией со стороны травянистой растительности [11]. В северных лесах Амурской области подобные исследования ранее не проводились, и не понятно, будет ли наблюдаться такая взаимосвязь в данном типе лесов.

Цель исследований - изучить стратегию пространственного распределения биомассы тонких корней древесной и травянисто-кустарниковой растительности в конкурентной среде смешанного древостоя в северных лесах Амурской области.

В ходе исследования мы проверили гипотезу о том, что взаимодействие между древесными видами и травянистой растительностью может приводить к обоюдному возрастанию биомассы тонких корней.

Материалы и методы исследования. Для изучения особенностей распределения тонких корней в лесах северной окраинной части Амуро-Зейской заложена площадка 50 м² (53°43'49,7"; 127°04'01,1") (рис. 1).

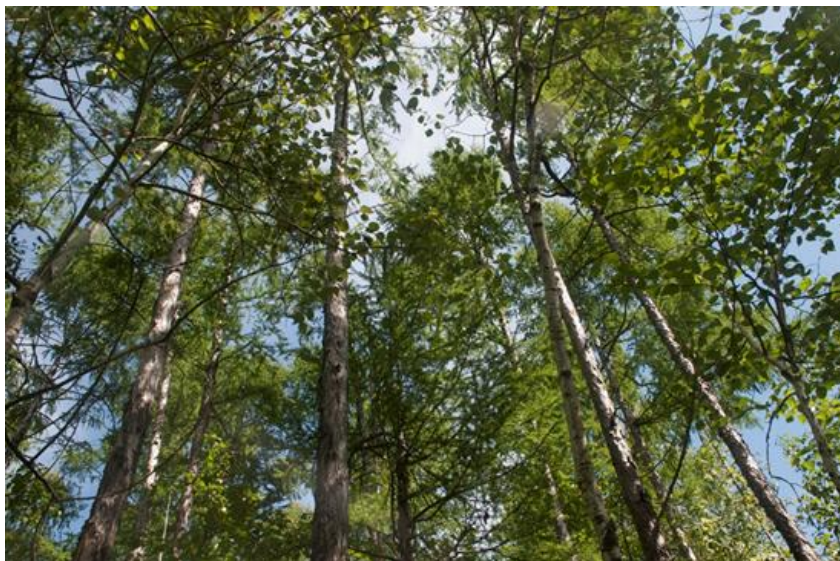


Рис. 1. Древостой леса учетной площадки

Территория исследования расположена в подзоне южной тайги. Здесь широко распространены лиственнично-сосново-березовые древостои. В южнотаежной подзоне, как и в средней тайге, встречаются рододендроновые, брусничные, багульниковые лиственничники.

Лесной участок (площадь 68 га), выбранный для размещения учетной площадки, является типичным для региона исследований. Древостой в лесу образован березой плосколистной *Betula platyphylla* Sukacz., лиственницей Гмелина *Larix gmelinii* (Rupr.)

Rupr. и осиной *Populus tremula* L. В кустарниковом ярусе леса преобладает рододендрон даурский *Rhododendron dauricum* L., ольховник кустарниковый *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar, брусника *Vaccinium vitis-idaea* L. Травянистый покров состоит преимущественно из майника двулистного *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt.

Климат северной окраинной части Амуро-Зейской равнины характеризуется как умеренно-холодный, континентальный с муссонным характером распределения осадков, формируется в результате взаимодействия тихоокеанского муссона и сибирского антициклона. В исследуемом районе средняя многолетняя температура воздуха января минус 28,8°C, июля 19,7°C, среднегодовая минус 0,7°C.

Большую часть территории занимают бурые лесные почвы (буроземы). В целинном состоянии они имеют подстилку мощностью не более 3 см, обладают четкими переходами генетических горизонтов.

Для оценки биомассы тонких корней в августе произведен отбор почвенных образцов в 5-ти кратной повторности на глубину 0-20 см с помощью металлического цилиндра с диаметром 5 см. При определении точек отбора образцов выбирали участки с одинаковым видовым составом. Это сделано в целях обеспечения однородности образцов.

В полевых условиях почвенный образец с корнями разделяли на слои: верхний (0-10 см) и нижний (10-20 см). Тонкие корни разделяли по классам: очень тонкие с диаметром <0,5 мм и корни с диаметром 0,5-2 мм, а также на живые и отмершие на основе морфологических признаков. Корни подразделяли на корни деревьев (с сортировкой по видам), кустарников, травы. В работе анализируется биомасса, определённая после высушивания образцов живых корней до постоянного веса при температуре 40 °C. Под биомассой корней в работе понимается масса тонких живых корней диаметром менее 2 мм. Диаметр корней определен на программно-аппаратном комплексе анализа морфологии корневых систем WinRhizoRegular + STD4800 (Regent Instruments, Канада).

Результаты лабораторных и полевых исследований обработаны методами математической статистики в программе R версия 3.3.2. Статистические различия между изучаемыми параметрами

установлены при помощи дисперсионного анализа (ANOVA). Проверку гипотез на статистическую достоверность различий и значимость рассчитанных статистик осуществляли при 5% уровне значимости.

Результаты исследования. Тонкие корни древесной и травянистой растительности в основном располагаются на глубине до 30 см [12]. В слое почвы 0-20 см биомасса тонких корней <2 мм составила в среднем 240 г/м^2 , что соответствует результатам, полученным в ряде других исследований южной тайги [2] (рис. 2).

Насыщенность почвы корнями древесной и травянистой растительности снижается с глубиной. Разница в биомассе корней между слоями 0-10 и 10-20 см для диаметра <2 мм составила 185 г/м^2 ($p<0,01$), $0,5$ мм – 117 г/м^2 ($p=0,015$), $0,5-2$ мм – $67,3 \text{ г/м}^2$ ($p=0,035$). В слое почвы 0-10 см в составе корней <2 преобладали корни с диаметром $<0,5$ мм (62%), доля корней $0,5-2,0$ мм составила 38%. В ниже лежащем слое 10-20 см соотношение корней данных групп диаметров близко к единице.

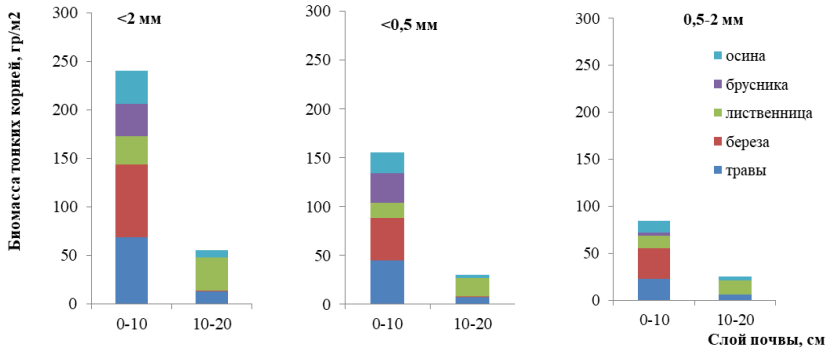


Рис. 2. Биомасса тонких корней в зависимости от диаметра, слоя почвы и вида растений

Доля отмерших корней возрастает с глубиной (таб. 1). Подобное отмечалось в ряде других исследований [2, 8]. Возможно, это связано с замедлением скорости разложения отмерших корней в ниже лежащих слоях почвы.

Таблица 1

**Соотношение массы живых и отмерших корней с диаметром <2,0 мм
в слоях почвы 0-10 и 10-20 см**

Слой, см	Живые корни, г/м ²	Отмершие корни, г/м ²	Доля отмерших корней, %
0-10	240,2±41,4	49,3±15,8	17,0
10-20	54,9±18,3	21,7±9,5	28,3

Анализ биомассы корней по видам растительности показал сильный разброс данных в пределах учетной площадки, что объясняет отсутствие статистически значимых различий между видами растительности (табл. 2). Большему варьированию подвержена масса корней березы и кустарников.

Анализ вертикального распределения биомассы тонких корней показал, что у березы, осины, кустарника и травы биомасса тонких корней выше в слое почвы 0-10 см, а у лиственницы в слоях почвы 0-10 и 10-20 см биомасса тонких корней в двух изученных слоях распределялась равномерно.

Таблица 2

**Биомасса тонких корней с диаметром <2 мм в слоях почвы
по видам растений***

Слой почвы, см	Осина		Береза		Лиственница		Кустарник		Трава	
0-10	34,2±6,2	а А	75,7±39,2	а А	28,9±6,2	а А	33,2±15,7	а А	68,1±10,3	а А
10-20	7,0±3,06	в А	1,0±1,0	в А	34,0±19,1	а А	0	в А	12,8±4,56	в А

* - Средние значения ± ошибка среднего. Разные буквы указывают на достоверные различия при <0,05: строчные буквы - для глубины почвы, заглавные - для групп корней.

Большинство исследований по измерению биомассы тонких корней древесных растений проведено в одновидовых древостоях [7, 11]. Информация о межвидовом взаимодействии при распределении биомассы тонких корней между видами деревьев, их взаимосвязи с биомассой травянистой растительности в смешанных древостоях

весьма ограничена. Продукция тонких корней трав в хвойных лесах варьирует от 9 до 30% от общей биомассы тонких корней [1, 14]. В наших исследованиях вклад тонких корней трав <2 мм в общую биомассу в слое почвы 0-10 см составил 28%, в слое 10-20% - 14%.

Мы установили, что в верхнем слое почвы 0-10 см, где сосредоточена основная масса тонких корней, биомасса корней березы с диаметром 0,5-2 мм увеличивается с увеличением биомассы тонких корней травы ($R=0,909$, $p=0,032$). В то время как биомасса корней лиственницы отрицательно коррелировала с биомассой корней травянистой растительности ($R=-0,91$, $p=0,031$) и березы ($R=-0,84$, $p=0,078$) (таб. 3). Биомасса тонких корней осины также показала положительную корреляцию с биомассой травы ($R=0,770$, $p=0,130$) и отрицательную с корнями лиственницы ($R=-0,66$, $p=0,23$), однако статистически это не подтверждается.

Исследования в Южном Китае в одновидовом древостое показали статистически значимую положительную корреляцию биомассы поглощающих и транспортных корней деревьев и биомассы корней травянисто-кустарниковой растительности [11]. По мнению авторов, полученные результаты позволяют предположить, что конкуренция между деревьями и нижним ярусом не всегда снижает биомассу корней одного из конкурентов. Мы установили, что в лиственнично-сосново-березовых древостоях северных лесов тонкие корни не всех видов деревьев имеют подобную стратегию.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции (R) между биомассой корней в слое почвы 0-10 см ($p<0.05$ показывает значимые коэффициенты)

травяно-береза	травяно-осина	травяно-лиственница	береза-осина	лиственница-осина	лиственница - береза
диаметр <0.5 мм					
$R=0.402$ $p=0.502$	$R=-0.433$ $p=0.466$	$R=0.169$ $p=0.785$	$R=-0.131$ $p=0.834$	$R=0.356$ $p=0.556$	$R=0.053$ $p=0.933$
диаметр 0.5 - 2 мм					
$R=0.91$ $p=0.032$	$R=0.770$ $p=0.13$	$R=-0.91$ $p=0.031$	$R=0.66$ $p=0.23$	$R=-0.66$ $p=0.23$	$R=-0.84$ $p=0.078$
диаметр <2 мм					
$R=0.840$ $p=0.075$	$R=0.189$ $p=0.761$	$R=0.382$ $p=0.525$	$R=0.121$ $p=0.846$	$R=0.242$ $p=0.695$	$R=0.242$ $p=0.695$

Известно, что вертикальное распределение биомассы корней имеет видоспецифические черты [10]. Распределение корней разных видов по разным горизонтам почвы снижает напряженность межвидовой конкуренции [4]. Это может объяснять отрицательную корреляцию биомассы корней лиственницы с биомассой корней березы, осины и травянистой растительности в слое почвы 0-10 см, так как корни лиственницы иначе дифференцированы по слоям и располагаются в более глубоких слоях почвы. Корни березы, осины и травы преимущественно расположены в верхнем слое 0-10 см, что может приводить к напряженной конкуренции, которая выразилась в возращении биомассы корней травы и деревьев.

Выводы

Результаты исследований показывают количественное распределение тонких корней по классам диаметров и почвенным слоям в зависимости от типа растительности в северных хвойных лесах Амурской области.

Мы установили, что в северных лиственничниках в слое почвы 0-10 см конкуренция со стороны травянистой растительности способствует увеличению биомассы тонких корней лиственных деревьев (береза, осина). Эта взаимосвязь характерна для тонких корней с диаметром 0,5-2 мм. Полученные результаты требуют подтверждения выявленных закономерностей при большем количестве повторностей.

Дальнейшие исследования будут направлены на установление конкурентных связей между корнями растений в нарушенных древостоях (после пожаров, рубок), где лиственные виды в ходе восстановительной сукцессии заменяют коренные хвойные породы.

Список литературы

1. Разгулин, С. М. Роль тонких корней деревьев в цикле азота в бореальных леса / С. М. Разгулин, Л. В. Воронин // Лесоведение. – 2018. – № 3. – С. 225-235.
2. Шанин, В. Н. Особенности пространственного распределения биомассы корней некоторых древесных видов (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Betula* sp.) / В. Н. Шанин, Л. К. Рочева, М. П. Шашков [и др.] // Изв. РАН. Сер. биол. – 2015. – № 3. – С. 316-325.
3. Asaye, Z. Fine root dynamics and soil carbon accretion under thinned and un-thinned *Cupressus lusitanica* stands in Southern Ethiopia / Z. Asaye, S. Zewdie // Plant Soil. – 2013. – V. 366. – P 261–271.

4. Brassard, B.W. The root dynamics of mixed- and single- species stands in the boreal forest of Central and Eastern Canada: Dissertation Thunder Bay / B.W. Brassard; Lakehead Univ., 2010. – 38 p.

5. Finer, L. Variation in fine root biomass of three European tree species / L. Finer, H.-S. Helmisaari, L. Finer [et al.] // Plant Biosystems. – 2007. – V. 3. – P. 394–405.

6. Finer, L. Fine root production and environmental characteristics / L. Finer, M. Ohashi, K. Noguchi, Y. Hirano // Forest Ecology and Management. – 2011. – V. 262. – P. 2009-2023.

7. Hansson, K. Fine root production and turnover of tree and understorey vegetation in Scots pine, silver birch and Norway spruce stands in SW Sweden / K. Hansson, H.-S. Helmisaari, S. P. Sah, H. Lange // For. Ecol. Manage. – 2013. – V. 309. – P. 58–65.

8. Helmisaari, H.-S. Fine root biomass in relation to site and stand characteristics in Norway spruce and Scots pine stands / H.-S. Helmisaari, J. Derome, P. Nojd, M. Kukkola // Tree Physiol. – 2007. – V. 27. – P. 1493-1504.

9. Howard, E. A. Effects of logging on carbon dynamics of a jack pine forest in Saskatchewan, Canada / E. A. Howard, S. T. Gower, J. A. Foley, C. J. Kurcharik // Global Change Biol. – 2004. – V. 10. – P. 1267-1284.

10. Kalliokoski, T. Root system traits of Norway spruce, Scots pine, and silver birch in mixed boreal forests: an analysis of root architecture, morphology, and anatomy: Diss. Diss. Forestales. V. 121. Vantaa: Finnish For. Res. Inst., 2011. – 65 p.

11. Liao, Y. Competition increased fine root biomass in Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantations in Subtropical China / Y. Liao, H. Fan, X. Wei [et al.] // Forest Ecology and Management. – 2019. – V. 435. – P. 151-157.

12. Ostonen, I. Fine root foraging strategies in Norway spruce forests across a European climate gradient / I. Ostonen, H.-S. Helmisaari, W. Borken [et al.] // Glob. Change Biol. – 2011. – V. 17. – P. 3620-3632.

13. Ruess, R. W. Coupling fine root dynamics with ecosystem carbon cycling in black spruce forests of interior Alaska / R. W. Ruess, R. L. Hendrick, A. J. Burton [et al.] // Ecol Monogr. – 2003. – V. 73(4). – P. 643–662.

14. Steele, S. J. Root mass, net primary production and turnover in aspen, jack pine and black spruce forest in Saskatchewan and Manitoba Canada / S. J. Steele, S. T. Gower, J. G. Vogel, J. M. Norman // Tree Physiology. – 1997. – V. 17. – Iss. 8-9. – P. 577-587.

15. Yuan, Z. Y. A global analysis of fine root production as affected by soil nitrogen and phosphorus / Z. Y. Yuan, Chen H. Y. H // P Roy Soc B: Biol Sci. – 2012. – V. 279(1743). – P. 3796-3802.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 18-35-00454 (полевые исследования), № 19-05-00305 (аналитические работы).*

УДК 630*114
ГРНТИ 68.47.03

ПОЛЕВЫЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА: БЛАГОПРИЯТНОЕ ВЛИЯНИЕ ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ В ПОЧВЕ НА РОСТ САЖЕНЦЕВ ДЕРЕВЬЕВ В БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСАХ

^{1,2} Макото К., ³ Брянин С.В., ⁴Прокopcчук В.Ф., ^{1,5} Койке Т.

¹ Школа сельского хозяйства, Университет Хоккайдо, Саппоро 060-8589, Япония;

² Научно-исследовательский центр экологических наук, Китайская академия наук, Пекин 100085, Китай & Университет Китайской академии наук, Пекин 100049, Китай

³ Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск Амурская область, Россия; Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск, Амурская область, Россия;

⁵ Научные исследования северной биосферы, Университет Хоккайдо, Саппоро 060-0809, Япония;

+: текущий адрес; Высшая школа сельского хозяйства и наук о жизни, Токийский университет, Токио 113-8657, Япония;

*: соответственно автору

Аннотация: Древесный уголь является важным продуктом лесных пожаров и может влиять на регенерацию растений в полевых условиях. Чтобы определить влияние древесного угля на свойства почвы и регенерацию растений в полевых условиях мы провели исследования по взаимосвязи между древесным углем, элементами питания в почве и количеством саженцев в недавно выгоревшем сосновом лиственничном лесу недалеко от г. Зеи, на Дальнем Востоке России. Содержание древесного угля положительно коррелировало с pH почвы, содержанием влаги, содержанием доступного Р и количеством саженцев сосны. Тем не менее, нет существенной связи между содержанием древесного угля и содержанием NH_4^+ или количеством саженцев лиственницы. Эти результаты свидетельствуют о том, что,

влияние древесного угля значительно, но каким-то образом ограничено в данной области, что следует учитывать при использовании древесного угля для улучшения регенерации деревьев после повреждений в результате нарушений.

Ключевые слова: Биочар, восстановление, лесной пожар, регенерация фосфатов на Дальнем Востоке России

THE FIELD EVIDENCE: THE BENEFICIAL INFLUENCE OF CHARCOAL IN SOIL ON THE GROWTH OF TREE SEEDLINGS IN BOREAL FORESTS

^{1,2} K. Makoto, ³ S.V. Bryanin, ⁴ V.F. Procopchuk, ^{1,5} T. Koike

¹ School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Japan;

² Research Center for Eco-Environmental Sciences, CAS, Beijing 100085, China & University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China;

³ Institute of Geology and Nature Management FED RAS, Blagoveshchensk, Amur region, Russia;
Far Eastern State Agrarian University,
Blagoveshchensk, Amur region Russia;

⁵Field Science for Northern Biosphere, Hokkaido University, Sapporo; 060-0809, Japan +: present address; Graduate School of Agriculture and Life Sciences, The University of Tokyo, Tokyo 113-8657, Japan

Abstract. Charcoal is an important product of forest fire and has been reported to have the potential to influence the plant regeneration in the field. To determine the contribution of charcoal to soil properties and plant regeneration in the field, we conducted investigations about the relationship between charcoal, soil nutrients, and seedling number in a recently burnt Gmelin larch/Scots pine forest near to Zeya, the Russian Far East. Charcoal contents was positively correlated with soil pH, water contents, available P contents and the number of pine seedlings. However, no significant relationship between charcoal content and extractable NH_4^+ content or the number of larch seedlings. These results suggest that while charcoal influences are significantly powerful but somehow limited in the

field, which should be considered for the use of charcoal for the improvement of regeneration of trees after the damage by disturbance.

Key words: Biochar, rehabilitation, Forest fire, Phosphate Regeneration Russian Far East

В смешанных хвойных, широколиственных лесах Дальнего Востока России пожар сильно влияет на регенерацию растений [2, 3]. Пожары приводят к образованию древесного угля в результате неполного сгорания биомассы. Древесный уголь оказывает влияние на растения и почву. Древесный уголь обладает высокой пористостью, обеспечивая большую удельную поверхность и способен адсорбировать воду и питательные вещества в почве. Таким образом, наличие древесного угля в почве часто увеличивает продуктивность растений, главным образом, благодаря повышенной доступности питательных веществ для растений. Тем не менее было проведено мало исследований для доказательства связи между наличием древесного угля и его влиянием на свойства почвы и процессы в лесу после пожара. Чтобы определить вклад древесного угля в свойства почвы и регенерацию растений после лесного пожара, мы провели полевое исследование, касающееся взаимосвязи между древесным углем и ответной реакцией системы растение-почва. Эта статья посвящена памяти покойного профессора Валентины Федоровны Прокопчук за научное содружество, руководство и особенно за ее большой опыт в области почвоведения.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в лесу, недалеко от г. Зея, в северной части Амурской области, на Дальнем Востоке России ($53^{\circ}32'02''$ с.ш., $126^{\circ}39'27''$ в.д.). Доминирующими древесными породами в этом лесу являются лиственница Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) смешанная с сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). В соответствии с российской системой классификации почв, тип почвы – буро-таежная, структура почвы – супеси, образованные на третичных осадочных породах. Этот район является областью вечной мерзлоты со средней годовой температурой около $-2,1^{\circ}\text{C}$ и среднегодовым количеством осадков около 520 мм. Область исследования относительно равнинная около 300 м над уровнем моря.



Рис. 1. Общий вид исследовательских участков в Зее



Рис. 2. Пример почвенного образца с поля

Основным видом лесных пожаров в этом регионе является поверхностный пожар. Участок исследования подвергся поверхностному пожару осенью 2007 г. Интенсивность поверхностного пожара была такая, что он уничтожил зрелые березы, но не затронул зрелые деревья лиственницы и сосны. Мы исследовали в общей сложности 100 участков (размер каждого участка был 50 см на 50 см). На каждой микроплощадке мы подсчитывали количество саженцев лиственницы и сосны и исследовали химический состав почвы в Дальневосточном государственном аграрном университете, г. Благовещенск, Амурская область. В частности, мы измеряли содержание влаги, pH, NH_4^+ с помощью спектрофотометра с индофенольной зеленью методом абсорбциометрии (КФХ-2-УХЛ-4.2 ЗАГОРСКИЙ, Россия), и содержание NO_3^- определяли с помощью ионоселективного электрода (ELISS-121, SCI PRIDCUTION ASSOC MEASUREMENTS, Россия). К сожалению, все анализы по содержанию NO_3^- были ниже пределов обнаружения электродов; поэтому в этом исследовании мы не представляем эти результаты. Образцы почвы были также проанализированы на содержания доступного Р с использованием метода Брея II. Кроме того, содержание древесного угля определяли с использованием модифицированной версии метода СТ0375 [1].

Результаты и обсуждение. Мы обнаружили значительную положительную корреляцию между содержанием древесного угля и pH почвы, содержанием влаги в почве и содержанием доступного фосфора. Кроме того, содержание древесного угля и количество саженцев сосны, восстановленных на участке, также имеют значительную положительную корреляцию. Интересно, что не было значительной корреляции между содержанием древесного угля и содержанием экстрагируемого NH_4^+ или количеством саженцев лиственницы. Эти результаты являются первыми полевыми свидетельствами положительной взаимосвязи между содержанием древесного угля и количеством саженцев сосны, а также химическими свойствами почвы и лесной подстилки. Однако было несколько параметров, на которые не влиял древесный уголь, хотя предыдущие лабораторные эксперименты показывали это. Эти результаты показывают значимость и ограниченность экологических исследований древесного угля в бореальных лесных экосистемах с точки зрения реакции растений и почвы.

Список литературы

1. Gustafsson, O. Quantification of dilute sedimentary soot phase: implication for PAH speciation and bioavailability / O. Gustafsson, F. Haghsseta, C. Chan [et al.] // Environ Sci Technol. – 1997. – V. 31. – P. 203-209.
2. Makoto, K. Regeneration after forest fires in mixed conifer broad-leaved forests of the Amur region of Far Eastern Russia: the relationship between species specific traits against fire and recent fire regimes / K. Makoto, Y. P. Nemilostiv, O. A. Zyryanova [et al.] // Eurasian J For Res. – 2007. – V. 10. – P. 51-58.
3. Makoto, K. Effects of fire-derived charcoal on soil properties and seedling regeneration in a recently burned *Larix gmelinii*/*Pinus sylvestris* forest / K. Makoto, M. Hirobe, T. H. DeLuca [et al.] // J Soils Sediments. – 2011. – V. 11. – P. 1317-1322.

УДК 631.482.1

ГРНТИ 68.05

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ БИОФИЛЬНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ХОДЕ ЭВОЛЮЦИИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ АМУР

Мартынов А.В., канд. геогр. наук,
Институт геологии и природопользования ДВО РАН,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия

Аннотация. Изучена динамика содержания подвижной формы микроэлементов (Cu, Zn, Co, Mo, V, Ni, Sr) в ходе современной эволюции аллювиальных почв в среднем течении р. Амур. Установлено, что в ходе саморазвития аллювиальных почв увеличивается содержание Ni, Sr, Cu и снижается содержание Mo.

Ключевые слова: аллювиальные почвы, река Амур, биофильные микроэлементы, линейная регрессия.

DYNAMICS OF THE CONTENT OF MOBILE FORMS OF BIOFILIC MICROELEMENTS IN THE EVOLUTION OF ALLUVIAL SOILS IN THE MIDDLE REACHES OF THE AMUR RIVER

A.V. Martynov

Abstract. The dynamics of the content of the mobile form of trace elements (Cu, Zn, Co, Mo, V, Ni, Sr) during the modern evolution of alluvial soils in the middle reaches of the Amur River was studied. It was established that in the course of self-development of alluvial soils, the content of Ni, Sr, Cu increases and the content of Mo decreases.

Key words: alluvial soils, Amur River, biophilic trace elements, linear regression.

Микроэлементы и, в первую очередь, биофильные микроэлементы являются основой всей жизни на Земле и заслуженно пользуются повышенным вниманием со стороны научной общественности. Основным источником этих элементов для живых организмов являются почвы, что делает их главным объектом исследования в рамках изучения глобального биогеохимического круговорота. В этом аспекте, наибольший интерес для исследования представляют аллювиальные почвы. Благодаря своему расположению в поймах рек, аллювиальные почвы выполняют функцию природной дренажной системы на пути глобального круговорота веществ, так как через них осуществляется транспорт макро- и микроэлементов с суши в реки, а затем в моря и океаны [9]. Часть мигрирующего вещества задерживается в пределах поймы на различных геохимических барьерах, обеспечивая высокую биологическую продуктивность и плодородие аллювиальных почв [8].

Следует отметить, что аллювиальные почвы уникальный природный объект. По своему происхождению они относятся к интразональным почвам, не подчиняющимся законам широтной зональности [2]. Их формирование целиком обусловлено деятельностью речной сети, но это не значит что, все аллювиальные почвы мира похожи. Несмотря на схожесть протекающих в них процессов, различные природные условия (гидрологический режим рек, климатические условия, геологическое строение дренируемой территории)

накладывают свой отпечаток, формируя многообразие аллювиальных почв и их свойств [5]. Развитие аллювиальных почв под совместным влиянием зональных и интразональных процессов обуславливает высокую мозаичность почвенного покрова поймы и сильное варьирование свойств почв, что затрудняет их изучение [6]. В результате многие вопросы, связанные с развитием и формированием аллювиальных почв и их свойствами остаются слабо изученными [7].

Со временем на почвы пойм накладываются специфические региональные почвообразовательные процессы, усиливающиеся по мере выхода поймы из зоны затопления и обуславливающие эволюцию аллювиальных почв, преимущественно автоморфных, в зональные почвы. В ходе эволюции аллювиальных почв происходит значительная трансформация почвенного профиля. В автоморфных аллювиальных почвах увеличивается мощность гумусово-аккумулятивного горизонта, меняется качественный состав органического вещества, разрушаются первичные минералы и формируются вторичные глинистые минералы, утяжеляется гранулометрический состав, усложняется почвенная структура [5]. Гидроморфные почвы навсегда остаются в сфере влияния интразональных процессов, но в ходе саморазвития в них интенсифицируется глеевый процесс, активно разрушающий первичные минералы и обуславливающий накопление алюмосиликатов и оксидов железа, а также процессы накопления органического вещества, формирующие торфяной или перегнойный горизонт. Значительная перестройка профиля и свойств в ходе эволюции аллювиальных почв может привести к существенным изменениям в содержании микроэлементов. Данных о динамике микроэлементов в аллювиальных почвах, в связи с их эволюцией, в мировой литературе мало, а для почв поймы р. Амур они фактически отсутствуют. При этом значительная часть поймы р. Амур вовлечена в хозяйственную деятельность, поэтому подобные исследования имеют важное практическое значение. Также при изучении микроэлементов необходимо учитывать, что в живых тканях накапливаются преимущественно элементы, которые находятся в форме подвижных, легко усваиваемых соединений и определение только валового содержания МЭ в почве недостаточно для оценки обеспеченности растений тем или иным элементом [1]. Валовое содержание микроэлементов отражает их потенциальные запасы, а количество

подвижных микроэлементов составляет примерно 5–25% от их валового содержания [3].

Таким образом, цель данной работы оценить возможную динамику содержания подвижной формы биофильных микроэлементов (Cu, Zn, Co, Mo, V, Ni, Sr) в ходе эволюции аллювиальных почв в пойме р. Амур.

Объект и методы исследования. Исследования проводились в пределах поймы среднего течения р. Амур, перед устьем р. Буря в южной части Зейско-Буреинской равнины (рис. 1). Пойма относится к широкопойменному типу с шириной 10 км и состоит из 3 частей. Приустьевая пойма с высотой пойменного рельефа 2–4 м относительно условного уреза воды в р. Амур и шириной до 2 км. Центральная пойма с высотой пойменного рельефа 4–8 м и шириной 4–5 км, и притеррасная пойма с высотой пойменного рельефа 6–8 м, плавно переходящая в разрушенную склоновыми процессами первую надпойменную террасу (рис. 2).

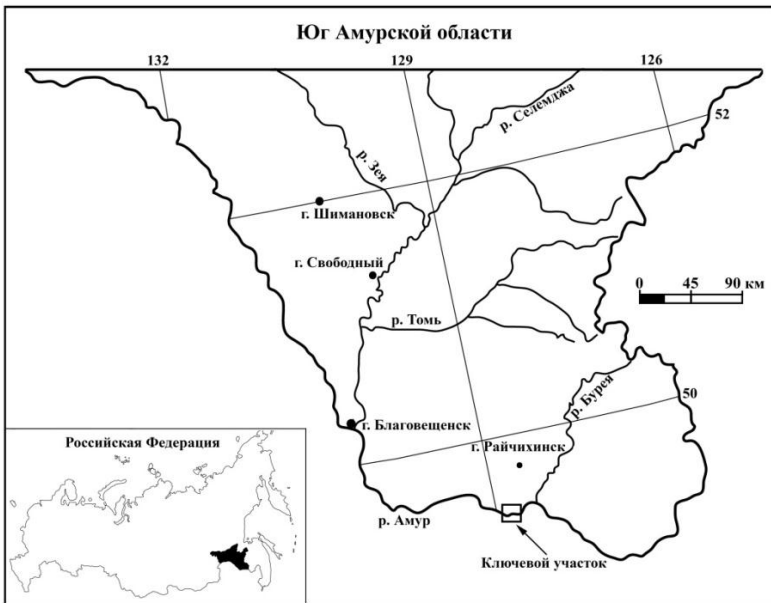


Рис. 1. Карта-схема расположения ключевого участка на территории Амурской области

Образцы отбирались по генетическим горизонтам в аллювиальных почвах, представляющих автоморфный и гидроморфный генетические ряды. Всего было заложено 9 разрезов, из которых отобрано 27 образцов. Названия почв давались в соответствии с Классификацией и диагностикой почв России от 2004 года [4].

Определение подвижных форм микроэлементов было выполнено методом масс-спектропии с индуктивно-связанной плазмой в аналитическом центре коллективного пользования на базе ДВГИ ДВО РАН под руководством н.с. Зарубиной Н. В. Для извлечения микроэлементов был использован ацетатно-аммонийный буфер с pH 4,8. Навеску воздушно-сухой пробы весом 5 г заливали буферным раствором и оставляли на сутки при комнатной температуре. Полученные растворы минерализовали в микроволновой печи MARS – 5 (SEM Corporation, USA). Анализ на широкий спектр элементов был выполнен на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) Agilent 7700x (Agilent Technologies, Япония).

Возраст почв определялся в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» при Институте географии РАН. Из восьми отправленных образцов, датирующую фракцию углерода в необходимом количестве извлекли только из четырех. Но, этого было достаточно, чтобы построить хронологический ряд аллювиальных почв исходя из их гипсометрического расположения и морфологических особенностей.

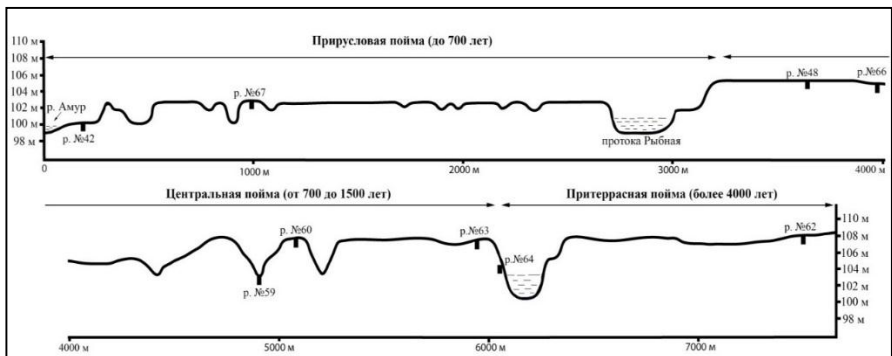


Рис. 2. Профиль через пойму р. Амур с расположением почвенных разрезов

Результаты исследований

Возраст аллювиальных почв

Самая молодая из исследованных почв – аллювиальная слоистая (разрез № 42) (рис. 2) расположена на границе бечёвника и представляет собой морфологически однородную толщу слабо измененную процессами почвообразования. Однородность толщи указывает на то, что почвообразующий субстрат для этой почвы был отложен одновременно мощным паводком. Последний крупный паводок на р. Амур, прошедший перед исследованиями, был в 1984 г. Поэтому возраст данной почвы на момент исследования составляет 37 лет. Аллювиальная слоистая почва является самым молодым почвенным образованием, что дает основание использовать ее как точку отсчёта в изучении геохимических процессов сопровождающих эволюцию аллювиальных почв. Возраст аллювиальной серогумусовой почвы (разрез № 67), сформированной на вершине самой высокой пойменной гряды, расположенной в центре прирусловой поймы, по результатам радиоуглеродного анализа составил 750 ± 80 лет. Следовательно, возраст всех почв прирусловой поймы не превышает 800 лет (таблица).

В центральной пойме был определен возраст аллювиальной перегнойной почвы (разрез № 59), расположенной в болотистом понижении посреди поймы и аллювиальной серогумусовой почвы (разрез № 63) сформированной на уступе возле пойменного озера, разделяющего центральную и притеррасную части поймы. Возраст аллювиальной перегнойной почвы составил 1100 ± 100 лет, поэтому рядом расположенная аллювиальная серогумусовая почва (разрез № 60), вследствие ее более высокого гипсометрического положения и потому более старшего возраста, условно датирована в 1300 ± 100 лет. Аналогично датирована возрастом 800 ± 100 лет аллювиальная перегнойная почва (разрез № 64), расположенная в пределах днища пойменного озера, и следовательно, моложе почвы из разреза № 63 возрастом 950 ± 90 лет. Аллювиальная серогумусовая почва (разрез № 48) и аллювиальная перегнойно-глеевая почва (разрез № 66) расположены в пределах центральной поймы и потому они старше почв прирусловой поймы. Но морфологически они развиты слабее остальных почв на центральной пойме, поэтому они отнесены к возрастам 800 ± 100 и 700 ± 100 лет соответственно.

Таблица

**Возраст аллювиальных почв и содержание в них подвижной формы биофильных микроэлементов
в среднем течении р. Амур**

	№ разреза	Возраст	Горизонты	Микроэлементы						
				Mo	V	Sr	Co	Ni	Cu	Zn
Аллювиальная слоистая	42	≈ 50	W	0,003	0,037	14,978	0,172	0,078	0,030	2,759
			WC	0,005	0,027	4,951	0,151	0,059	0,042	0,178
			C	0,000	0,012	1,917	0,071	0,016	0,052	0,224
Автоморфный ряд	67	750±80	AY	0,005	0,107	13,906	0,296	0,563	0,116	1,291
			C	0,003	0,022	2,628	0,233	0,371	0,094	0,104
			D	0,002	0,029	4,360	0,058	0,319	0,143	0,221
	48	≈800±100	AY	0,006	0,176	31,625	0,354	0,131	0,055	5,235
			AY-C	0,001	0,153	7,185	0,389	0,215	0,373	0,171
			C	0,002	0,090	7,370	0,179	0,169	0,370	0,035
			D	0,000	0,083	4,147	0,222	0,148	0,369	0,040
	63	950±90	AY	0,006	0,041	42,212	0,168	0,752	0,001	5,777
			C	0,001	0,067	6,835	0,190	1,055	0,313	0,372
			D	0,001	0,047	9,695	0,061	1,338	0,320	0,257
	60	≈1200±100	AY	0,001	0,043	23,238	0,125	0,274	0,017	2,885
			C	0,001	0,046	20,014	0,069	1,172	0,302	0,247

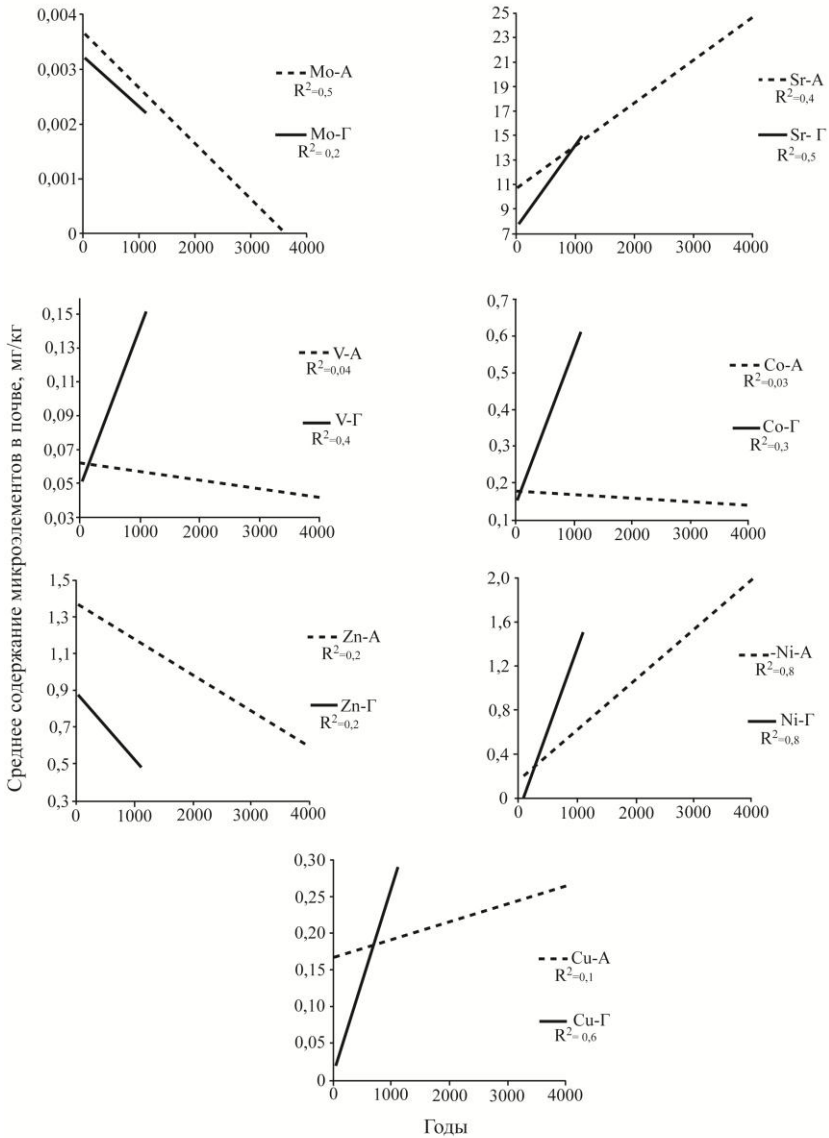
Гидроморфный ряд	62	4050±80	D	0,001	0,033	25,312	0,068	1,365	0,644	0,336
			AY	0,000	0,029	23,935	0,145	1,535	0,050	0,638
			C	0,003	0,035	19,629	0,153	2,154	0,272	0,390
			D	0,000	0,043	23,228	0,129	2,026	0,316	0,348
	66	≈ 700±100	H	0,002	0,232	17,637	0,427	0,484	0,010	0,276
			Dg	0,001	0,155	5,785	0,125	0,408	0,156	0,143
	64	≈ 800±100	H	0,006	0,098	31,737	0,704	0,991	0,073	0,581
			G	0,002	0,042	9,424	1,754	1,869	0,321	0,349
			CG	0,000	0,194	11,588	0,443	1,575	0,616	0,406
	59	1100±100	H	0,004	0,297	13,424	0,551	0,736	0,121	1,797
			G	0,000	0,031	5,999	0,399	1,488	0,112	0,264
			CG	0,001	0,028	16,208	0,088	2,399	0,584	0,462

Следовательно, возраст почв центральной поймы не превышает 1500 лет. Возраст брунзема остаточно-пойменного (разрез № 62) сформированного на стыке высокой части притеррасной поймы и террасо-увала составил 4050 ± 80 лет. Причину столь значительного разрыва в возрасте между почвами центральной поймы и притеррасной поймы можно объяснить редкими останцами в пределах центральной поймы. На останцах сформированы почвы по своим морфологическим признакам более древние в сравнении с остальными почвами центральной поймы. Вероятно, большая часть изначальной центральной поймы была размыва, а затем сформирована заново.

Содержание микроэлементов

Данные по содержанию подвижных форм биофильных микроэлементов приведены в таблице. Из таблицы видно, что максимальное содержание отмечается у стронция (до 40 мг/кг), минимальным содержанием характеризуется молибден – до 0,006 мг/кг. В почвах автоморфного ряда содержится больше стронция и цинка. В почвах гидроморфного ряда более интенсивно накапливаются ванадий, кобальт и никель. На среднее содержание молибдена и меди уровень гидроморфизма не оказывает влияния. В целом микроэлементы, по обеспеченности ими почв, можно выстроить в следующем порядке по убыванию: Sr-Zn-Ni-Co-Cu-V-Mo. Чтобы выявить связь между содержанием микроэлементов и возрастом почв, имеющиеся данные были усреднены по почвам и отображены в виде линейной регрессии (рис. 3).

Результаты, полученные в ходе статистической обработки данных, показывают, что с возрастом и в гидроморфных и в автоморфных аллювиальных почвах снижается содержание молибдена и цинка (рис. 3). Но достоверность полученных данных для содержания цинка и в отношении содержания молибдена в гидроморфных почвах очень мала, что не позволяет принимать полученные результаты в расчет. Содержание стронция, никеля и меди с возрастом во всех типах аллювиальных почв увеличивается, но у регрессионного уравнения меди также очень низкий уровень достоверности. Содержание кобальта и ванадия в гидроморфных почвах с возрастом увеличивается со средним уровнем достоверности, а в автоморфных – снижается с очень низким уровнем достоверности.



Таким образом, из всех определяемых биофильных микроэлементов в ходе эволюции аллювиальных почв с высокой достоверностью увеличивается содержание никеля, на 3800% относительно исходной аллювиальной слоистой почвы в автоморфном почвенном ряду и на 3000% в гидроморфном ряду. Со средней достоверностью в аллювиальных почвах гидроморфного ряда снижается содержание молибдена на 60% и увеличивается содержание меди (627%) и стронция (163%).

Выводы

1. Микроэлементы, по обеспеченности ими аллювиальных почв, можно выстроить в следующем порядке по убыванию: Sr-Zn-Ni-Co-Cu-V-Mo.

2. В аллювиальных почвах автоморфного ряда из всех определённых биофильных микроэлементов, в ходе саморазвития почв, увеличилось только содержание никеля.

3. В гидроморфном ряду аллювиальных почв с возрастом, с высокой или средней достоверностью, увеличилось содержание никеля, меди, стронция и снизилось содержание молибдена.

Список литературы

1. Булыгин, С. Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве / С. Ю. Булыгин [и др.]. – Днепропетровск: Січ. – 2007. – 100 с.
2. Докучаев, В. В. Избранные сочинения / В. В. Докучаев; под ред. Б. Б. Полынова. – М.: АН СССР, 1949. – 644 с.
3. Орлов, Д. С. Микроэлементы в почвах и живых организмах / Д. С. Орлов // Соровский образовательный журнал. – 1998. – №1. – С. 61-68.
4. Шишов, Л. Л. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогих, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
5. Gerrard, J. Alluvial Soils / J. Gerrard. – New York: Hutchinson Ross, 1987. – 305 p.
6. Hikmatullaha. Soil properties of the alluvial plain and its potential use for agriculture in Donggala region, Central Sulawesi / Hikmatullaha, M. Al-Jabri // Indonesian Journal of Agricultural Science. – 2007. – V. 8, № 2. – P. 67-74.
7. Lair, G. J. How do long-term development and periodical changes of river-floodplain systems affect the fate of contaminants? Results from European rivers / G. J. Lair [et al.] // Environmental Pollution. – 2009. – V. 157, № 12. – P. 3336-3346.
8. Wei, D. Total N, total P and organic matters content in floodplain soils of Xianghai Nature Reserve / D. Wei, Z. Jin-liang // Journal of Geographical Sciences. – 2002. – V. 12, № 1. – P. 58-64.

9. Zocatelli, R. Sedimentary evidence of soil organic matter input to the Curuai Amazonian floodplain / R. Zocatelli [et al.] //Organic Geochemistry. – 2013. – № 63– С. 40-47.

УДК 631.44
ГРНТИ 68.05

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА

¹ Наumenко А.В., канд. с.-х. наук;

² Ковшик И.Г., канд. с.-х. наук, консультант,

¹ Дальневосточный государственный аграрный университет,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия;

²АО «ФМРус»

Аннотация. В статье представлен материал об опыте известкования почв Амурской области и эффективности внесения извести на фоне различных уровней обеспеченности подвижным фосфором.

Ключевые слова: реакция почв, известкование, содержание подвижного фосфора, продуктивность полевых культур.

EFFICIENCY LIME APPLICATION AT DIFFERENT LEVEL OF CONTENT MOBILE PHOSPHORUS

A.V. Naumenko, I.G. Kovshik

Abstract. The article presents material about experience lime application on soils of the Amur region and the efficiency lime application on the background different levels of availability of mobile phosphorus.

Key words: soil reaction, liming, mobile phosphorus content, field crop productivity.

Реакция среды оказывает существенное влияние на рост, развитие и продуктивность полевых культур. Значительные площади пашни в Амурской области имеют повышенную кислотность (рНсол. 3,9-5,0). С созданием агрохимической службы и массовым обследованием пахотных земель было установлено, что таких почв более 70%. В Амурской области площадь сильнокислых почв составляла более 22%, а среднекислых – около 50%. Последним туром агрохимического обследования (01.01.2013 г.) установлено, что площадь почв с повышенной кислотностью (рНсол. < 5,0) в целом по области составляет 904,3 тыс. га, 52,9% от обследованной площади. Значительные площади очень сильнокислых и сильнокислых почв, в первую очередь нуждающихся в известковании, сосредоточены в Ромненском – 41,1%, Мазановском – 34,4%, Октябрьском – 33,2% и Серышевском – 32,2% районах.

Более 37% в целом по области составляют среднекислые почвы, которые нуждаются в известковании во вторую очередь. Они сосредоточены в шести районах: Свободненском, Михайловском, Октябрьском, Бурейском, Белогорском и Серышевском, занимают 42,3-52,2% от обследованной площади. Основные площади кислых почв сосредоточены в центральной и северной зонах области – это, как правило, тяжёлые по гранулометрическому составу луговые глеевые, луговые и бурые лесные глеевые почвы [1].

Не смотря на широкое распространение на Зейско-Буреинской равнине почв с повышенной кислотностью, многочисленные полевые опыты по изучению эффективности известкования, проводимые с 50-х годов прошлого столетия, дают не однозначные результаты. Обработка этих результатов приведена на рисунке.

Доли случаев из выборки по опытам для черноземовидной почвы 19 опытов, для бурой лесной глеевой почвы – 17 опытов. Так, повышение урожайности сои от известкования средне и слабокислых черноземовидных почв наблюдалось только в 16% случаев, а значительного повышения урожайности пшеницы не наблюдалось. На сильно кислых бурых лесных глеевых почвах положительный эффект от известкования на сое наблюдался в 82% и на пшенице в 50% случаев. Действие извести изучалось, как правило, 3-5 лет после ее внесения.

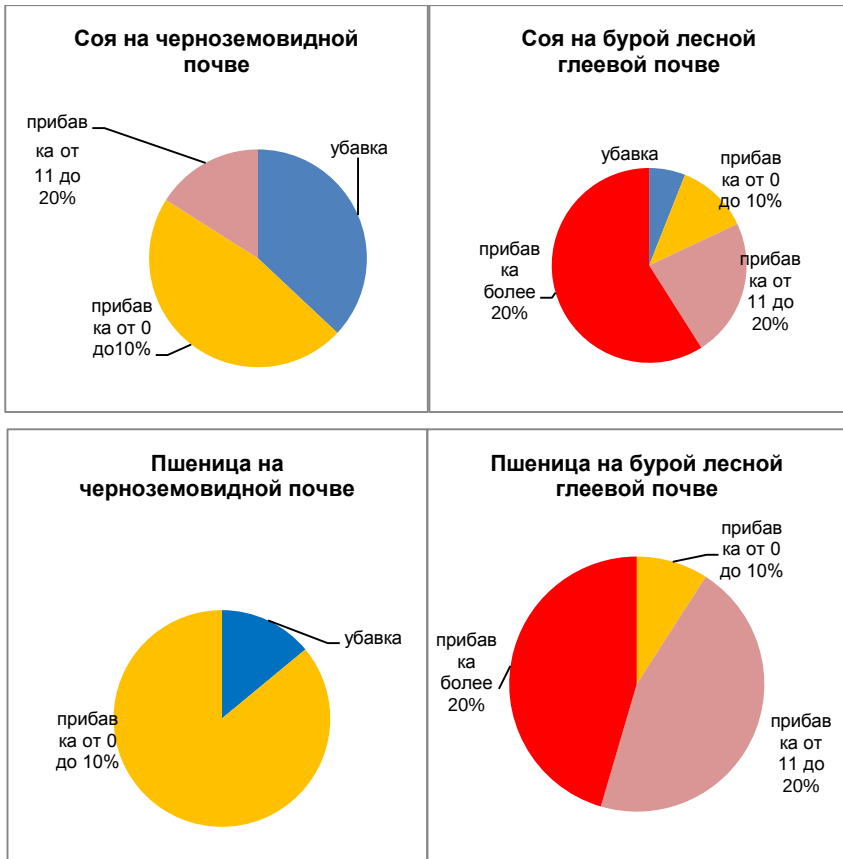


Рис. Влияние извести на урожайность сои и пшеницы, изменение урожайности к фону %

Известкование при использовании интенсивных технологий в растениеводстве рекомендуется не только на сильно кислых почвах, но и слабо кислых, для нейтрализации подкисляющего действия минеральных удобрений. В таблице приведены результаты вегетационно-полевого опыта по изучению эффективности известкования на фоне различных систем удобрения в полевом севообороте на черноземовидной почве.

Эффективность извести изучалась в течение 7 лет в севообороте: соя – пшеница – однолетние травы на зеленую массу – соя –

пшеница – соя – пшеница. Опыт был заложен в 4-х кратной повторности в с. Садовое Тамбовского района Амурской области.

В варианте без применения удобрений и извести урожайность сои находилась в пределах 2,15-2,80 т/га. В разные годы наблюдений длительное применение одних только азотных удобрений снизило урожайность сои на 0,08-0,46 т/га, по сравнению с вариантом без применения удобрений. Это связано с низким содержанием доступного фосфора в почве, недостаток которого негативно сказался на росте и развитии растений сои. По данным структурного анализа растений установлено, что растения сои на фоне внесения одних только азотных удобрений были самыми низкорослыми, имели меньшее количество бобов и семян.

Таблица

Действие извести на урожайность полевых культур в течение 7 лет после внесения на фоне различных систем удобрения

Длительное применение удобрений (фактор А)	Внесено удобрений под культуру	Известь 5,5 т/га (фактор Б)		Среднее по фактору А
		без извести	с известью	
1	2	3	4	5
Соя (4 культура с/об) 1-й год действия извести				
1 Без удобрений	0	2,15	2,00	2,07
2 N ₂₄	0	1,95	1,76	1,86
3 N ₂₄ P ₃₀	P ₆₀	2,27	2,24	2,26
4 N ₄₂ P ₄₈	N ₃₀ P ₆₀	2,45	2,43	2,44
5 N ₂₄ P ₃₀ ⁺ навоз 4,8 т	P ₃₀ + навоз 12 т	2,55	2,83	2,69
Среднее	-	2,27	2,25	2,26
НСР _{05частных} 0,16; НСР ₀₅ фактор А 0,11; НСР ₀₅ фактор Б 0,07				
Пшеница (5 культура с/об) 2-ой год действия извести				
1 Без удобрений	0	2,23	1,85	2,04
2 N ₂₄	0	2,07	1,95	2,01
3 N ₂₄ P ₃₀	0	2,49	2,25	2,37
4 N ₄₂ P ₄₈	0	2,62	2,28	2,45
5 N ₂₄ P ₃₀ ⁺ навоз 4,8 т	0	2,68	2,61	2,64
Среднее	-	2,42	2,19	2,30

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
НСР _{05частных} 0,30; НСР ₀₅ фактор А 0,21; НСР ₀₅ фактор Б 0,13				
Соя+овес (1 культура с/об) 3-й год действия извести				
1 Без удобрений	0	17,2	14,7	16,0
2 N ₂₄	N ₆₀	17,6	17,5	17,6
3 N ₂₄ P ₃₀	N ₆₀ P ₃₀	22,1	24,1	23,1
4 N ₄₂ P ₄₈	N ₉₀ P ₆₀	27,1	25,6	26,4
5 N ₂₄ P ₃₀ ⁺ навоз 4,8 т	N ₆₀ P ₃₀ + навоз 12 т	26,2	25,8	26,0
Среднее	-	22,0	21,5	21,8
НСР _{05частных} 0,39; НСР ₀₅ фактор А 0,28; НСР ₀₅ фактор Б 0,18				
Соя (2 культура с/об) 4-й год действия извести				
1 Без удобрений	-	2,80	2,29	2,54
2 N ₂₄	N ₃₀	2,72	2,73	2,72
3 N ₂₄ P ₃₀	N ₃₀ P ₃₀	2,64	2,80	2,72
4 N ₄₂ P ₄₈	N ₆₀ P ₉₀	2,98	2,90	2,94
5 N ₂₄ P ₃₀ ⁺ навоз 4,8 т	N ₃₀ P ₆₀	3,48	3,43	3,45
Среднее	-	2,92	2,83	2,87
НСР _{05частных} 0,53; НСР ₀₅ фактор А 0,37; НСР ₀₅ фактор Б 0,24				
Пшеница (3 культура с/об) 5-й год действия извести				
1	2	3	4	5
1 Без удобрений	-	2,15	2,27	2,21
2 N ₂₄	N ₃₀	2,67	2,59	2,63
3 N ₂₄ P ₃₀	N ₃₀	2,84	2,92	2,88
4 N ₄₂ P ₄₈	N ₃₀ P ₃₀	3,44	3,14	3,29
5 N ₂₄ P ₃₀ ⁺ навоз 4,8 т	N ₃₀	3,39	3,32	3,35
Среднее	-	2,90	2,85	2,87
НСР _{05частных} 0,69; НСР ₀₅ фактор А 0,48; НСР ₀₅ фактор Б 0,31				
Соя (4 культура с/об) 6-й год действия извести				
1 Без удобрений	0	2,31	2,57	2,44
2 N ₂₄	0	1,85	2,57	2,21
3 N ₂₄ P ₃₀	P ₆₀	2,26	2,45	2,35

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
4 N ₄₂ P ₄₈	N ₃₀ P ₆₀	2,52	2,46	2,49
5 N ₂₄ P ₃₀ ⁺ навоз 4,8 т	P ₃₀ + навоз 12 т	2,93	3,00	2,96
Среднее	-	2,37	2,61	2,49
НСР _{05частных} 0,63; НСР ₀₅ фактор А 0,28; НСР ₀₅ фактор Б 0,44				
Пшеница (5 культура с/об) 7-й год действия извести				
1 Без удобрений	0	1,57	1,49	1,53
2 N ₂₄	0	1,46	1,40	1,43
3 N ₂₄ P ₃₀	0	1,62	1,53	1,57
4 N ₄₂ P ₄₈	0	1,46	1,53	1,49
5 N ₂₄ P ₃₀ ⁺ навоз 4,8 т	0	1,79	1,87	1,83
Среднее	-	1,58	1,26	1,42
НСР _{05частных} 0,19; НСР ₀₅ фактор А 0,08; НСР ₀₅ фактор Б 0,13				

Низкая эффективность от известкования на среднекислых почвах обусловлена, на наш взгляд, отрицательным воздействием на фосфатный режим почвы. По мнению И. Г. Ковшика [2] и В. Ф. Прокочук [3], под действием извести содержание доступного растением фосфора снижается в связи с закреплением его в виде прочно-связанных фосфатов кальция.

Таким образом, известкование почвы не однозначно влияет на урожайность полевых культур. При низкой обеспеченности подвижным фосфором внесение извести не способствовало повышению урожайности, а на фоне длительного применения органоминеральных удобрений повышало их эффективность. Урожайность пшеницы относительно контроля (без удобрений и извести) увеличилась на 0,30-1,17 т/га, а сои – на 0,63-0,69 т/га.

Список литературы

1. Ковшик, И. Г. Соя в Амурской области. Агротехника выращивания в современных условиях: научная монография / И. Г. Ковшик, А. В. Науменко. – Благовещенск: Изд-во «Деловое Приамурье», 2018. – 248 с.
2. Ковшик, И. Г. Закрепление фосфора удобрений в почвах в неусвояемой форме / И. Г. Ковшик, В. Г. Демченко // Научно-технический бюллетень. – Новосибирск, 1976. – Вып. 2. – С. 81-87.

3. Прокопчук, В. Ф. Эффективность использования яровой пшеницей и соей фосфора из луговой черноземовидной почвы и минеральных удобрений / В. Ф. Прокопчук // Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье. – Благовещенск, 2000. – Вып. № 6. – С. 46-55.

УДК 631.44:632.937.14
ГРНТИ 68.05

ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СТРЕПТОМИЦЕТОВ ЛЕСНЫХ ПОЧВ МОНГОЛИИ

¹ Норовсурэн Жадамбаа, д-р биол. наук, вед. науч. сотр.;

² Ундраа Мунхуу, аспирант;

³ Болормаа Цэдэн-Иш, магистрант;

⁴ Мунхчимэг Энхболд, студент;

⁵ Ариунзул Цогтжаргал, студент;

⁵ Мунхчимэг Гантулга, студент,

¹Институт Биологии АНМонголии, norvo@mail.ru

²Институт Ботанического сада АНМонголии

³Институт Географии и Геоэкологии АНМонголии

⁴Монгольский Государственный Университет

⁵Монгольский государственный сельскохозяйственный университет

Аннотация. В работе использовано 80 штаммов актиномицетов, выделенных из почв лиственных лес Монголии и изучались наличие антибиотической активности и спектр ее проявления. Наиболее часто выделялись стрептомицеты секции *Cinereus* серии *Achromogenes* и доминировали в стрептомицетном комплексе в изученных лиственных почвах Монголии. Выделенные актиномицеты подавляли рост 3-х видов тестируемых бактерий *Bacillus subtilis* (8-18 мм), *Escherichia coli*(8-11) и *Staphylococcus aureus* (8-11 мм).

Ключевые слова: актиномицеты, лиственный лес.

ECOLOGY AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF STREPTOMYCETES OF FOREST SOILS OF MONGOLIA

**Norovsuren Jadambaa, Undraa Munkhuu,
Bolormaa Tseden-Ish, Munhchimeg Enkhbold,
Ariunzul Tsogtgerel, Munhchimeg Gantulga**

Abstract. In the work used 80 strains of actinomycetes isolated from the soils of the larch forests of Mongolia and the presence of antibiotic activity and the spectrum of its manifestation were studied. The streptomycetes of the Cinereus section of the Achromogenes series were most often distinguished and dominated the streptomycete complex in the studied larch soils of Mongolia. Isolated actinomycetes inhibited the growth of 3 species of the tested bacteria *Bacillus subtilis* (8-18 mm), *Escherichia coli* (8-11 mm) and *Staphylococcus aureus* (8-11 mm).

Key words: actinomycetes, larch forest.

Актиномицеты образуют темноокрашенные пигменты – меланины, являющиеся предшественниками гумусовых веществ в почве [3].

Число сообщений о новых антибиотиках, продуцируемых актиномицетами, увеличивается с каждым годом. Поиск продуцентов новых антибиотиков, проводящийся на научной и практической основе, дает возможность разработать методы селективного выделения из природных источников актиномицетов – продуцентов антибиотиков и других биологически активных веществ.

Целью настоящей работы является изучение стрептомицетного комплекса и антибиотические свойства актиномицетов выделяемых из листовенничных почв Монголии.

Объекты, методы и условия проведения исследований. В работе использовали образцы дерново – таёжной почвы из исходного листовенничного леса Завханского аймака. Почвенные образцы отбирали из верхнего горизонта почв (5-20 см). Для выделения и дифференцированного учёта общей численности актиномицетов использовали традиционный метод поверхностного посева на среде НВА [7]. Посевы инкубировали в течение 28 дней при 28°C.

Идентификацию выделенных штаммов проводили согласно определителю Берджи [5]; используя морфологические показатели, а также хемотаксономические признаки: присутствие в гидролизатах целых клеток LL- или мезо- ДАПК (диаминопимелиновые кислоты) и диагностических сахаров в гидролизатах целых клеток; определение проводили методом восходящей хроматографии на силуфолевых пластинах Merk [6] в модификации Института по изысканию новых антибиотиков им. Г.Ф. Гаузе РАМН. Антагонистические свойства определяли методом блока [2]. Для видовой идентификации стрептомицетов использовали культуральные, морфологические и физиолого-биохимические показатели, согласно определителю актиномицетов [1]. Исследования антагонистического действия выделенных штаммов актиномицетов проводился на традиционно используемом тесте – наборе – *Aspergillus niger*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* и *Saccharomyces cerevisiae*.

Результаты исследований. Главной сферой обитания актиномицетов в лесных биогеоценозах являются подстилки и верхние горизонты почвы, что связано с экологической стратегией, присущей актиномицетам, которые при наличии в субстрате легко доступных веществ не оказываются в первом эшелоне г- стратегов и для которых значительное количественное увеличение, а иногда и явное доминирование отдельных представителей наблюдается обычно тогда, когда создаются условия для использования сравнительно труднодоступных (медленно разлагаемых) субстратов [3].

На среде HVA из почвы выделили представителей рода *Streptomyces*. В составе рода *Streptomyces* присутствовали виды секций *Cinereus* серий *Achromogenes* и *Imperfectus*.

В работе использовано 80 штаммов актиномицетов, выделенных из почв лиственных лесов, которые изучались на наличие антибиотической активности и спектра её проявления.

В лесных биогеоценозах Монголии наблюдается закономерность в соответствии, с которой при переходе от наземного яруса (филлосфера растений) к наземному (подстилка) наблюдается увеличение численности актиномицетов. На селективной среде с пропионатом натрия выделены из почв роды актиномицетов *Streptomyces*, *Micromonospora* и *Streptosporangium*, с помощью се-

лективной среды гумус – витаминный агар выделены роды актиномицетов *Streptomyces* и *Micromonospora* из всех почв горно-лесных экосистем Монголии.

Наряду со стрептомицетами в этих почвах часто выявляются представители рода *Streptosporangium*, доля которых в актиномицетном комплексе составляет 86% в горной мерзлотно-таежной почве (под лиственничным лесом от всех обнаруженных здесь родов актиномицетов). Это связано с низким значением pH в этой почве и ацидотолерантностью многих представителей стрептоспорангиев [4].

По нашим данным очень часто выделялись стрептомицеты секции *Cinereus* серии *Achromogenes* и доминировали в стрептомицетном комплексе в изученных лиственничных почвах Монголии. Стрептомицетные виды секции *Cinereus* серии *Achromogenes* наиболее распространены во всех изученных лесных почв Монголии.

Выделение и изучение антибиотических веществ актиномицетного происхождения приняло очень широкие размеры. В результате настойчивых поисков получено много ценных препаратов, применяемых в химиотерапии, в сельскохозяйственной практике и в пищевой промышленности. Выделенные актиномицеты подавляли рост 3-х видов тестируемых бактерий *Bacillus subtilis* (8-18 мм), *Escherichia coli* (8-11) и *Staphylococcus aureus* (8-11 мм).

Кроме того, актиномицеты способны образовывать антибиотические вещества, ингибирующие ферменты, а также являющиеся иммуномодуляторами, гербицидами, инсектицидами. Они могут синтезировать и другие биологически активные соединения.

Таким образом, необходимо подчеркнуть, что в результате проделанной работы выявлены перспективные штаммы для дальнейшего изучения в связи с их выраженным антагонистическим действием в отношении тест культуры. Исследованные штаммы могут послужить основой для разработки новых, практически ценных антибиотических препаратов, которые могут быть использованы в медицинской практике, а также для создания экологически безопасных биопрепаратов.

Выводы.

1. Установлено, что из лиственничных почв Монголии выделяются актиномицеты рода *Streptomyces*, относящиеся к секциям *Cinereus* сериям *Achromogenes* и секции *Imperfectus*. Доминируют

стрептомицетов, принадлежащие к секции *Cinereus* серии *Achromogenes*.

2. Из почв лиственных лес Монголии выделены перспективные штаммы для дальнейшего изучения в связи с их выраженным антагонистическим действием.

Список литературы

1. Гаузе, Г. Ф. Определитель актиномицетов / Г. Ф. Гаузе, Т. П. Преображенская, М. А. Свешникова. – М.: Наука, 1983. – 245 с.

2. Егоров, Н. С. Основы учения об антибиотиках: учебник / Н. С. Егоров. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 526 с.

3. Звягинцев, Д. Г. Экология актиномицетов / Д. Г. Звягинцев, Г. М. Зенова. – М.: ГЕОС, 2001. – 257 с.

4. Норовсурэн, Ж. Закономерности географического распространения актиномицетов в почвах Монголии: монография / Ж. Норовсурэн. – [2-е изд., доп. и перераб.]. – УБ.: Изд-во: Мунхийн усэг, 2018. – 184 с.

5. Bergey's Manual Determinative Bacteriology. Ninth Edition / Eds. J. G. Holt, N. R. Kreig, Peter H. A. Smath, J. T. Stanley, S. T. Williams. Baltimore ets.: The Williams & Wilkins Co, 2006.

6. Hasegawa, T. A rapid analysis for chemical grouping of aerobic actinomycetes / T. Hasegawa, M. Takizawa, S. Takida // J. Gen. Appl. Microbiol. – 1983. – V. 29. – P. 319 -322.

7. Hayakawa, M. HV agar, a new selective medium for isolation of soil actinomycetes / M. Hayakawa, H. Nonomura // Abstracts of papers presented at the annual meeting of the Actinomycetologists. Osaka. Japan, 1984. – P. 6.

УДК 631.53 : 631.4
ГРНТИ 68.35.03

ВЛИЯНИЕ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СОИ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ В ПОЧВЕ

**Семенова Е.А., д-р с.-х. наук, доцент;
Николаев С.В., магистрант,**
Дальневосточный государственный аграрный университет,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия

Аннотация. Целью статьи является определение влияния предпосевной обработки семян на ферментативную активность почвы под посевами сои. Результаты проведенных исследований показали, что использование биопрепаратов для обработки семян сои оказывает стимулирующее действие на ферментативную активность почвы.

Ключевые слова: луговая черноземовидная почва, каталаза, пероксидаза, уреазы, фосфатаза.

INFLUENCE OF PRE-SOWING TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS ON THE ACTIVITY OF ENZYMES IN THE SOIL

E.A. Semenova, S.V. Nikolaev

Abstract. The purpose of the article is to determine the effect of pre-sowing seed treatment on the enzymatic activity of the soil under soybean crops. The results of the research have shown that the use of biological products for processing soybean seeds has a stimulating effect on the enzymatic activity of the soil.

Key words: meadow black soil, catalase, peroxidase, urease, phosphatase

Основной целью любой сельскохозяйственной деятельности, связанной с выращиванием растений, является получение высокого

урожая. Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от множества факторов, в том числе и от их предварительной предпосевной подготовки. Препараты, используемые для обработки семян, попадая в почву, могут приводить к изменению её биологической активности.

Многочисленными исследованиями установлено, что одним из объективных показателей биологической активности почвы является ферментативная активность. На активность ферментов в почве влияют разные факторы, ингибирующие или активизирующие их действие. Активность ферментов в почве зависит от ее физико-химических свойств, засоленности, карбонатности, окультуренности, внесения удобрений, известкования [7].

Доказана ведущая роль показателей ферментативной активности при оценке влияния загрязнения различными продуктами техногенеза (нефтью и нефтепродуктами, тяжелыми металлами, пестицидами и др.) на экологическое состояние почв [4].

В последнее время при исследовании агроценозов растёт внимание к почвенным ферментам и их использованию для диагностики и мониторинга, так как ферментативная активность является довольно чувствительным к внешним факторам и легко определяемым показателем. Однако существует много противоречивой информации о влиянии сельскохозяйственной деятельности на ферментативную активность почвы [11]. Возможно, это связано с тем, что показатели активности различных ферментов в разной степени пригодны для диагностики деградационных процессов происходящих в почве. Поэтому рекомендуется одновременно определять активность нескольких ферментов, относящихся к различным классам [3, 8].

Целью данного исследования явилось определение влияния предпосевной обработки семян на активность ферментов классов оксидоредуктаз и гидролаз почвы под посевами сои.

Объект и методы исследования. Семена сои сорта Даурия обрабатывали бактериальным удобрением БиоБеСтА (0,1 л/т), биологическим протравителем Респекта (1,0 л/т) и хелатным удобрением Sunny Mix (0,25 л/т), а также комплексом БиоБеСтА (0,1 л/т) + Sunny Mix (0,25 л/т) и Респекта (1,0 л/т) + Sunny Mix (0,25 л/т). Контроль – обработка водой (10 л/т).

Полевые опыты были заложены на опытном поле ФГБОУ ВО

Дальневосточного ГАУ (с. Грибское) в 2018 году. Закладка опытов осуществлялась в соответствии с общепринятыми требованиями [5]. Общая площадь делянки – 56,25 м², ширина междурядей – 45 см, длина рядка – 5 м. Повторность 4-кратная, расположение делянок рендомизированное.

Почва опытного участка луговая черноземовидная, характеризуется низким содержанием подвижного фосфора (P₂O₅) – 26 мг/кг почвы (по А. Т. Кирсанову); высоким содержанием обменного калия (K₂O) – 203 мг/кг почвы (по А. Т. Кирсанову). Содержание минерального азота (N_{мин}) в почве составляло 21,8 мг/кг почвы; реакция почвенного раствора слабокислая – pH_{KCl} = 5,7.

Отбор почвенных образцов проводили в пяти точках делянки с глубины 0-20 см почвенным буром БП-25-15 с диаметром 1 см. Каждый образец состоит из четырех смешанных проб. Почвенные образцы были высушены до воздушно-сухого состояния и пропущены через сито с отверстиями 1 мм.

Активность ферментов в почве определяли по общепринятым методикам: каталазы – по Джонсону и Темпле [9], пероксидазы – методом К. А. Козлова, в качестве субстрата использовали пирокатехин [9], уреазы – по методике, предложенной А. Т. Щербаковой [10], нейтральной фосфатазы – методом гидролиза фенолфталеин фосфата [6]. Для сравнительной оценки ферментативной активности почвы использовали шкалу, предложенную Э. И. Гапонюк, С. Г. Малаховым (1985). Повторность опыта 3-кратная. Полученные результаты обрабатывались статистически [5], в таблицах приведены средние данные.

Результаты и обсуждение. Важнейшим почвенным ферментом из класса оксидоредуктаз является каталаза. Она катализирует реакцию разложения перекиси водорода, которая образуется в процессе дыхания растений и в результате биохимического окисления органических веществ в почве, на воду и молекулярный кислород [9].

Каталазная активность луговой черноземовидной почвы очень слабая, до посева она составляла 0,23 О₂ см³/г почвы за 1 мин. Одним из важнейших факторов, регулирующих активность каталазы в почве, является органическое вещество, в том числе его специфическая часть – гумус [1]. Почвы опытного участка характеризовались

низким содержанием гумуса (3,8%). В фазе третьего тройчатого листа активность каталазы еще больше снижается, но не во всех вариантах. В вариантах с обработкой семян препаратом БиоБеСтА и совместном применении БиоБеСтА + Sunny Mix и Респекта + Sunny Mix отмечено увеличение активности фермента в 4 раза относительно контроля (табл. 1).

Таблица 1

Влияние предпосевной обработки семян на активность каталазы луговой черноземовидной почвы, O_2 см³/г почвы за 1 мин.

Вариант опыта	Перед посевом	Фенологическая фаза		
		3-й тройчатый лист	цветение	созревание семян
Контроль	0,23	0,09	0,19	0,37
БиоБеСтА		0,36	0,17	0,34
Sunny Mix		0,09	0,18	0,33
БиоБеСтА + Sunny Mix		0,38	0,10	0,36
Респекта		0,13	0,27	0,39
Респекта + Sunny Mix		0,36	0,17	0,43
НСР ₀₅		0,04	0,02	0,02

Известно, что активность каталазы отражает интенсивность микробиологических процессов в почве. Обработка семян микробиологическими препаратами увеличивала численность полезной микробиоты, что способствовало росту активности каталазы, особенно при совместном применении с микроудобрением Sunny Mix. Наиболее высокая активность каталазы отмечена в варианте Респекта + Sunny Mix в фазе созревания семян сои.

Пероксидаза – фермент, осуществляющий окисление органических веществ почв за счет кислорода воздуха и перекиси водорода; его влияние направлено на окисление гумусовых веществ [4].

В фазе третьего тройчатого листа наиболее высокая активность этого фермента отмечена в контроле, обработка семян бактериальными препаратами и микроудобрениями приводит к незначительному снижению активности ферментов, что свидетельствует об уменьшении интенсивности процессов окисления органического вещества почвы. В фазе созревания семян активность пероксидазы возрастает, наиболее высокая активность отмечена в вариантах с применением препарата Респекта и Респекта + Sunny Mix (табл. 2).

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян на активность пероксидазы луговой черноземовидной почвы, I₂ мл/г почвы

Вариант опыта	Перед посевом	Фенологическая фаза		
		3-й тройчатый лист	цветение	созревание семян
Контроль	5,87	7,50	4,83	6,04
БиоБеСтА		6,66	4,02	6,33
Sunny Mix		5,02	5,50	4,66
БиоБеСтА + Sunny Mix		4,17	4,83	6,16
Респекта		4,83	5,66	8,83
Респекта + Sunny Mix		4,83	6,52	8,33
НСР ₀₅		0,5	0,3	0,3

Уреазная активность почвы опытного участка была слабая или очень слабая (табл. 3). Невысокая активность фермента обусловлена недостаточным поступлением органического вещества в почву, которое является и источником фермента, и одновременно содержит субстрат для его работы.

Таблица 3

Влияние предпосевной обработки семян на активность уреазы луговой черноземовидной почвы, мг N-NH₃ на 10 г почвы за 24 часа

Вариант опыта	Перед посевом	Фенологическая фаза		
		3-й тройчатый лист	цветение	созревание семян
Контроль	5,58	3,18	6,67	4,03
БиоБеСтА		1,97	5,93	11,73
Sunny Mix		1,40	7,07	5,49
БиоБеСтА + Sunny Mix		1,50	6,08	11,68
Респекта		2,02	6,38	5,68
Респекта + Sunny Mix		2,51	5,59	6,57
НСР ₀₅		0,2	0,2	0,5

Исследования показали, что обработка семян изучаемыми препаратами снижала активность уреазы в почве в фазе третьего тройчатого листа, однако в фазах цветения и созревания семян актив-

ность повышается как в контроле, так и во всех вариантах опыта. Самая высокая активность уреазы отмечена в вариантах с применением препаратов БиоБеСтА и совместном применении БиоБеСтА + Sunny Mix, в 3 раза выше, чем в контроле. Это связано с деятельностью азотфиксирующих бактерий *Sinorhizobium fredii*, которая способствовала увеличению содержания аммонийного азота в почве этих вариантов.

Важную роль в обеспечении растений элементами питания играет фосфатаза – фермент, отвечающий за минерализацию органического фосфора [3]. Субстратами почвенных фосфатаз являются специфические гумусовые вещества, включающие фосфор гумусовых кислот, и неспецифические соединения, представленные нуклеиновыми кислотами, фосфолипидами и фосфорпротеинами, а также метаболическими фосфатами.

Фосфатазная активность луговой черноземовидной почвы оценивается как высокая [2]. Обработка семян микроудобрением Sunny Mix способствовала снижению фосфатазной активности почвы в фазе третьего тройчатого листа. В других вариантах она была на уровне контроля или выше его. Предпосевная обработка бактериальными препаратами приводила к достоверному увеличению активности фосфатазы в фазе цветения (препарат Респекта) и фазе созревания семян (препарат БиоБеСтА) (табл. 4).

Таблица 4

Влияние предпосевной обработки семян на активность фосфатазы луговой черноземовидной почвы, мг P_2O_5 на 10 г почвы за 24 часа

Вариант опыта	Перед посевом	Фенологическая фаза		
		3-й тройчатый лист	цветение	созревание семян
Контроль	15,79	16,87	13,66	18,16
БиоБеСтА		15,19	12,95	21,94
Sunny Mix		7,36	14,38	15,92
БиоБеСтА + Sunny Mix		17,56	15,21	18,89
Респекта		18,25	20,76	17,57
Респекта + Sunny Mix		20,16	17,83	14,97
НСР ₀₅		0,8	0,5	1,5

Выводы.

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование биопрепаратов для обработки семян сои оказывает стимулирующее действие на ферментативную активность почвы:

1. Каталазная активность луговой черноземовидной почвы повышается в начальные фазы развития растений сои при обработке семян препаратом БиоБеСтА и совместном применении БиоБеСтА + Sunny Mix и Респекта + Sunny Mix;

2. Активность пероксидазы изменяется незначительно, повышение отмечено в вариантах с применением препарата Респекта и Респекта + Sunny Mix в фазе созревания семян;

3. Максимальная активность уреазы выявлена в вариантах с применением препаратов БиоБеСтА и совместном применении БиоБеСтА + Sunny Mix (фаза созревания семян).

4. Фосфатазная активность увеличивается при применении препаратов Респекта + Sunny Mix (фаза третьего тройчатого листа), Респекта (фаза цветения) и БиоБеСтА (фаза созревания семян).

Список литературы

1. Абрамян, С. А. Изменение ферментативной активности почвы под влиянием естественных и антропогенных факторов / С. А. Абрамян // Почвоведение. – 1992. – № 7. – С. 70-82.

2. Гапонюк, Э. И. Комплексная система показателей экологического мониторинга почв / Э. И. Гапонюк, С. Г. Малахов // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах: тр. 4-го Всесоюз. совещ. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – С. 3-10.

3. Даденко, Е. В. Методические аспекты применения показателей ферментативной активности в биодиагностике и биомониторинге почв: специальность 03.00.16 «Экология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Даденко Евгения Валерьевна; Ростовский государственный университет. – Ростов н/Д, 2004. – 24 с.

4. Даденко, Е. В. Оценка применимости показателей ферментативной активности в биодиагностике и мониторинге почв / Е. В. Даденко, Т. В. Денисова, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников // Поволжский экологический журнал. – 2013. – №4. – С. 385-393.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших

сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б. А. Доспехов, проф., чл.-кор. ВАСХНИЛ. – изд. 5-е, доп. и перераб., стер. изд. – Москва: Альянс, 2014. – 351 с.

6. Малахов, С. Г. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв / С. Г. Малахов. – М.: Москов. отделение гидрометеоиздата, 1984.

7. Минеев, В. Г. Практикум по агрохимии: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. академика РАСХН В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

8. Огородникова, С. Ю. Оценка биологической активности почвы в зоне объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» / С. Ю. Огородникова, С. Г. Скугорева, А. С. Олькова // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2008. – № 6 (128). – С. 23-26.

9. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.

10. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества (в естественных и искусственных фитоценозах) / Т. А. Щербакова. – Мн.: Наука и техника, 1983. – 222 с.

11. Trasar-Cepeda, C. Hydrolytic enzyme activities in agricultural and forest soils, some implications for their use as indicators of soil quality / C. Trasar-Cepeda, M. C. Leirós, F. Gil-Sotres // Soil Biol Biochem. – 2008. – V. 40. – P. 2146–2155.

УДК 631.44
ГРНТИ 68.05

ФОСФАТНЫЙ ФОНД БУРОЗЕМОВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ПРИ ВОВЛЕЧЕНИИ ИХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Черноситова Т.Н., канд. с.-х. наук;

Суслопарова Е.С., магистрант,

Дальневосточный государственный аграрный университет,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия

Аннотация. В процессе работы проводились полевые и лабораторные исследования по определению фосфатного фонда в исследуемых биоценозах. В результате исследования было установлено, что валовое содержание фосфора в исследуемых почвах низкое и колеблется от 0,5 до 1,2%. Среднее содержание подвижного фосфора в почвах сенокоса (98 мг/кг почвы) и залежи (114 мг/кг почвы) и повышенное содержание в почвах леса (168 мг/кг почвы). В почвах исследуемых биоценозах установлено высокое содержание Al-P. В почвах сенокоса Ca-P преобладают над Fe-P.

Ключевые слова: фосфатный фонд, лес, залежь, сенокос, бурозем оподзоленный, бурозем глееватый, бурозем глеевый.

PHOSPHATE FUND OF BROWN FOREST SOIL IN SOUTH TAIGA AT USE THEM IN AGRICULTURAL PRODUCTION

T.N. Chernositova, E.S. Susloparova

Abstract. Field and laboratory research was carried out to determine the phosphate fund in the studied biocoenoses. It was found that the total phosphorus content in soils is low and varies from 0,5 to 1,2%. Mean content of mobile phosphorus in hayland soils (98 mg/kg of soil) and lealand (114 mg/kg of soil) and increased in forest soils (168 mg/kg of soil). High

content of Al-P has been found in all studied soils. In hayland soils Ca-P forms prevails over Fe-P.

Key words: phosphate fund, forest, lealand, hayland, brown forest podzolized soil, brown forest gleyic soil, brown forest gley soil.

Дефицит фосфора в почвах Дальнего Востока в особенности Амурской области не редкость. Это вызвано наличием больших площадей почв, бедных подвижным фосфором, отсутствием минерального сырья для производства фосфорных удобрений и закреплением внесенных фосфатов в труднодоступных для растений формах. Оптимальное фосфорное питание способствует развитию корневой системы растений – она сильнее ветвится и глубже проникает в почву. Это улучшает снабжение растений питательными веществами и влагой, что особенно важно для засушливых условий. Фосфор в растениях играет важную роль в синтезе белка, росте и размножении, передаче наследственных свойств. Исследователями показана возможность усвоения растениями и фосфатов полуторных окислов (Al – P, Fe – P), особенно из низко основных и слабо окристаллизованных форм [1, 2].

Бурые лесные почвы представляют из себя высокоплодородные пахотные угодья. Они пригодны для большинства полевых культур, для многолетних плодовых насаждений и ягодников. В целом это почвы многоцелевого использования с минимальным количеством мероприятий по поддержанию эффективного плодородия [5].

При вовлечении почв в сельскохозяйственное производство происходит снижение экологической устойчивости биоценозов [8]. При распашке целинных почв и их сельскохозяйственном использовании содержание валового фосфора уменьшается. Так как при вспашке увеличивается доля минерального фосфора и приводит к увеличению подвижного фосфора (P_2O_5), который хорошо усваивается растениями [6].

Объект и методика проведения исследования. Для изучения фосфатного фонда буроземов были выбраны три биоценоза (лес, залежь, сенокос) располагающиеся в северной окраине части Амуро-

Зейской равнины в Зейском районе в окрестностях села Гулик. Сенокос используется с 2005 года, а залежь выведена из использования вначале 2000-х гг.

Каждая исследуемая учетная площадка была по 50 м². С каждой площадки отбиралось по 5 образцов (всего n=15) с помощью металлического цилиндра диаметром 5 см с глубины 0-20 см. В ходе исследования было выявлено почва под лесом – бурозем оподзоленный, под залежными угодьями – бурозем глееватый и под сенокосом – бурозем глеевый. Для характеристики фосфорного фонда в буроземах южной тайги были определены: подвижные формы фосфора (P₂O₅), валовый фосфор (P), содержание органического фосфора методом прокаливания Сэндерса и Вильямса (P_{org}), групповой фосфор.

Результаты исследований. Содержание подвижных форм фосфора в слое 0-20 см в исследуемых биоценозах варьируется. Низкое содержание подвижного фосфора на сенокосе (98 мг/кг), по сравнению с другими учетными площадками, связано с активным выносом этого элемента растениями, которые скашиваются и удаляются с поля. А высокое содержание подвижного фосфора в почвах залежных угодий (185 мг/кг) связано скорее всего с подкислением почвы и развивающимся глеевым процессом, которому способствуют уплотнение нижней части бывшего пахотного горизонта (рис. 1).

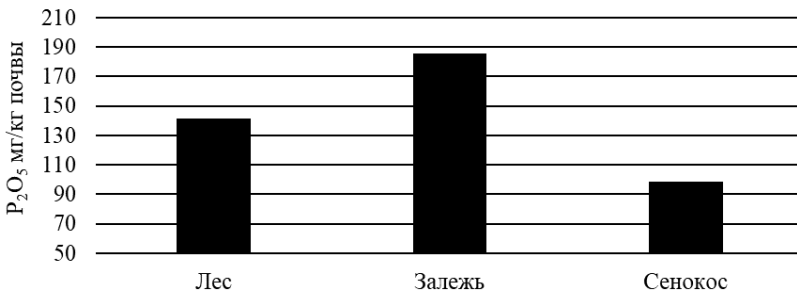


Рис. 1. Содержание подвижных форм фосфора (V) в исследуемых биоценозах

По содержанию бурые лесные почвы характеризуются меньшим содержанием валового фосфора, чем в луговых глеевых почвах. В изучаемых буроземах он зависит от степени их использования. В

целинных почвах содержание валового фосфора больше (1,2%), чем на землях залежных угодий (0,5%). Так как валовой фосфор зависит от органических соединений в почве, большое его количество в почвах лесного биоценоза в верхнем слое объясняется высокой биологической активностью (рис. 2).

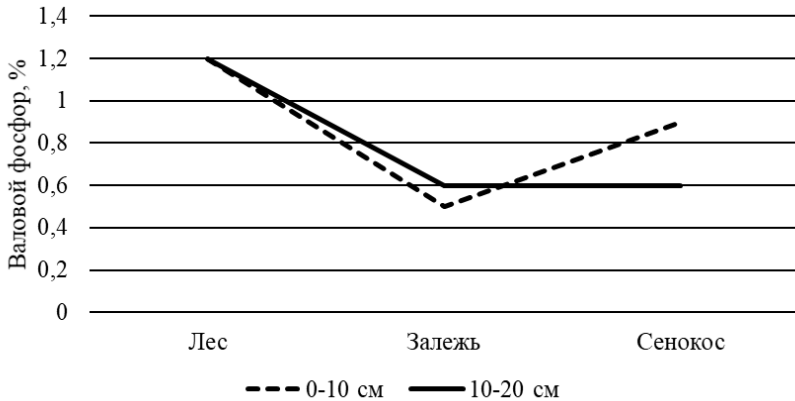


Рис. 2. Изменение валового фосфора от леса к сенокосу в исследуемых биоценозах

Наибольшее содержание органического фосфора в слое 0-20 см наблюдается в буроземах лесного биоценоза. В фоновом лесу фосфор органический значительно преобладает над минеральными формами. Большое содержание органического фосфора в почвах зависит от органических веществ почвы, от процессов гумификации органических остатков в почве, которые сопровождаются увеличением содержания протеннов, возможно за счет микробной плазмы, что приводит к обогащению гумуса фосфором [3] (рис. 3).

В наших исследованиях, в почвах всех биоценозов установлено высокое содержание Al-P (24 – 37 мл/100 г почвы), что может быть связано с бедностью растительного опада зольными элементами, которая способствует образованию кислых продуктов разложения, агрессивно воздействующих на вторичные минералы (рис. 4). Подобная закономерность обнаружена Г. И. Ивановым (1987) [4] в бурых горных-лесных почвах под темнохвойными лесами южного Приморья, где автор отмечает значительно более высокую (по сравнению с железом) подвижность алюминия.

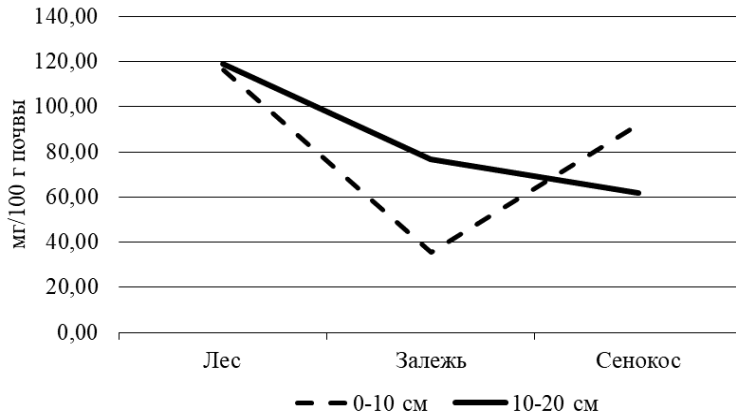


Рис. 3. Содержание органических форм фосфора в исследуемых биоценозах

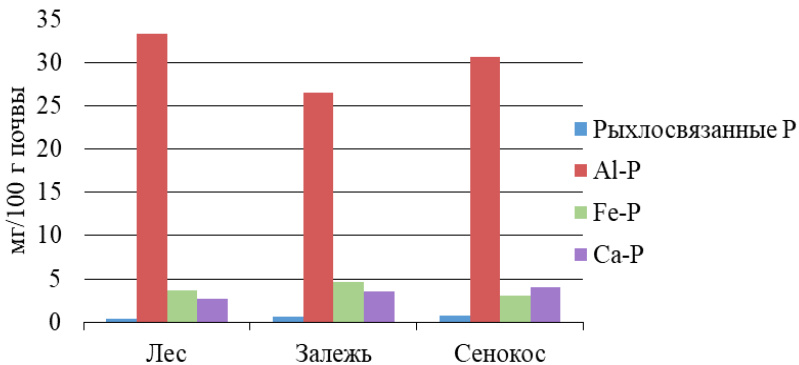


Рис. 4. Содержание группового фосфора в исследуемых биоценозах

На сенокосе Ca-P преобладают над Fe-P, что возможно связано в предыдущем известковании почвы, так как по литературным данным в бурозёмах в их естественном состоянии Fe-P преобладают над Al-P. Алюминий токсичен для большинства растений, он ухудшает развитие корневой системы, нарушает углеводный, азотный и фосфорный обмен в растении. Более высокие концентрации алюминия вызывают резкое снижение урожая зерновых культур и даже их гибель [7].

Выводы.

1. Среднее содержание подвижного фосфора в почвах сенокоса (98 мг/кг почвы) и залежи (114 мг/кг почвы) и повышенное содержание в почвах леса (168 мг/кг почвы).

2. Валовое содержание фосфора в исследуемых почвах низкое и колеблется от 0,5 до 1,2%. Такой большой диапазон в содержании фосфора в почвах, объясняется лишь разной степенью использования почв.

3. В почвах исследуемых биоценозах установлено высокое содержание Al-P. В почвах сенокоса Ca-P преобладают над Fe-P. По литературным данным такое количество Al-P зависит от pH почвы, так как чем больше данной фракции, тем кислее почва.

Список литературы

1. Аскинази, Д. Л. Фосфатный режим и известкование почв с кислой реакцией: монография / Д. Л. Аскинази. – Москва, Ленинград: Изд-во АН СССР, 1949. – 213 с.

2. Гинзбург, К. Е. Значение полутораокисей и гуматов в поглощении фосфора почвами / К. Е. Гинзбург // Тр. Почв. ин-та им В.В. Докучаева. – 1960. – Т. 55. – С. 230-271.

3. Гриндель, Н. М. Динамика органических фосфатов в пахотном слое дерново-подзолистой почвы / Н. М. Гриндель, Н. Г. Зырин // Агрохимия. – 1964. – № 5. – С. 50-56.

4. Иванов, Г. И. Экологические условия и генезис почв Приморья и Приамурья / Г. И. Иванов // Генезис, химия и биология почв Приморья и Приамурья. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – С. 4-14.

5. Ковриго, В. П. Почвоведение с основами геологии: учебник / В. П. Ковриго, И. С. Каурчиев, Л. М. Бурлакова. – Москва: Изд-во Колос, 2000. – 416 с.

6. Курносова, Е. В., Антропогенное воздействие на фосфатный режим черноземной почвы / Е. В. Курносова, Г. Е. Гришин // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2013. – №3 (23). – С. 19-24.

7. Орлов, Д. С. Химия почв: учебник / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, Н. И. Суханова. – Москва: Изд-во Высш. шк., 2005. – 558 с.

8. Стрельченко, Н. Е. Фосфатный режим переувлажненных почв юга Дальнего Востока: монография / Н. Е. Стрельченко. – Владивосток: Изд-во АН СССР, 1982. – 142с.

УДК 556.5.028

ГРНТИ 38.61

**ДИНАМИКА МАКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА
ПРИРОДНЫХ ВОД ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ
(НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВОДОСБОРА
РУЧЬЯ ЕЛОВЫЙ, ЮГ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ)**

¹Шамов В.В., д-р геогр. наук, ст. науч. сотр;

¹Болдескул А.Г., канд. геогр. наук;

¹Луценко Т.Н., канд. геогр. наук;

²Кожевникова Н.К., канд. биол. наук;

^{3,1}Гарцман Б.И., д-р геогр. наук, ст. науч. сотр.;

^{3,1}Губарева Татьяна Сергеевна, канд. геогр. наук;

¹Лупаков Сергей Юрьевич;

¹Шекман Евгений Александрович;

²Бурдуковский М.Л., канд. биол. наук;

¹Юрченко С.Г., канд. геогр. наук,

¹ ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,
г. Владивосток, Приморский край, Россия;

² ФГБУН Федеральный научный центр биоразнообразия
наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
г. Владивосток, Приморский край, Россия;

³ ФГБУН Институт водных проблем РАН,
г. Москва, Россия

Аннотация. Обсуждаются результаты интенсивных натурных гидролого-гидрохимических исследований природных вод различного генезиса, выполненных в 2011–2018 гг. в репрезентативном речном бассейне южного Сихотэ-Алиня (Приморский край, РФ) на основе современных технических и методических средств наблюдений. Анализируется динамика растворенных веществ в русловых водах в связи с изменчивостью гидрометеорологических условий.

Ключевые слова: Сихотэ-Алинь, химический состав природных вод, малый речной бассейн, южная тайга, речной сток, растворенное вещество

**DISSOLVED MATTER DYNAMICS IN NATURAL WATER
AT THE SOUTH TAIGA LANDSCAPES
(A CASE OF THE ELOVYI RESEARCH CATCHMENT,
SOUTH PACIFIC RUSSIA)**

**V.V. Shamov, A.G. Boldeskul, T.N. Lutsenko, N.K. Kozhevnikova,
B.I. Gartsman, T.S. Gubareva, S.Yu. Lupakov, E.A. Shekman,
M.L. Burdukovskiy, S.G. Yurchenko**

Abstract. The results of detailed in-situ hydrological and hydrochemical studies of natural water of various origins carried out in 2011–2018 in a representative catchment at southern Sikhote-Alin (Primorsky Territory, Russia) as based on contemporary technical and methodological observation tools, are discussed. The dynamics of dissolved substances in channel waters is analyzed in relation to the hydrometeorological conditions variability.

Key words: Sikhote-Alin, chemical composition of natural water, small catchment, south taiga, river flow, dissolved matter.

Территория южной части Дальнего Востока России остаётся в фокусе ресурсного и инфраструктурного освоения, как в рамках национальной экономической политики, так и в плане международной кооперации в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Муссонные черты климата, сильная неустойчивость гидрометеорологических условий в регионе в связи с регулярными мощными циклонами, которые порождают дождевые и снегодождевые паводки, приносящие значительный ущерб производственным объектам и населенным пунктам и осложняющие проектирование инженерных сооружений, определяет актуальность изучения процессов формирования речного стока, динамики и состава его генетических компонентов. Химический состав природных вод в процессах от выпадения атмосферных осадков до разгрузки грунтовых вод в реки – испытывает существенную трансформацию и представляет собой интегральный эффект процессов и условий приповерхностного влагооборота, отражая влияние всех ландшафтных факторов [13].

Цель представляемого исследования – выявление химических индикаторов (трассеров) для определения источников питания реч-

ного стока на основе современных методов и средств гидрометеорологического и гидрохимического мониторинга. Он включает систематическое измерение количества атмосферных осадков; уровня, температуры, электропроводности, pH и расхода воды в реках; регулярный отбор проб атмосферных, подкроновых, склоновых (почвенно-грунтовых) и русловых (речных) вод; лабораторный анализ их химического состава [1, 11]. Предметом многолетних натурных исследований является химический состав атмосферных, почвенных и речных вод в таежных ландшафтах региона в связи с различными гидрометеорологическими условиями.

Объекты, методы и условия проведения исследований.

Объектом исследований в данной работе является водосбор ручья Елового (II порядок по классификации Хортон-Штралера) с водосборной площадью 3,53 км² в створе замыкающего гидрометрического поста (рис. 1). Бассейн расположен в пределах Верхнеуссурийского биоценологического стационара Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН. Данный район типичен для среднегорного пояса Сихотэ-Алиня и служит эталоном южной тайги, где преобладают широколиственно-кедровые и пихтово-еловые леса. Объект представляет собой часть бассейна р. Правая Соколовка, которая является правым притоком IV порядка реки Уссури.

Наивысшие точки основного водораздела находятся в истоках ручья и имеют отметки почти 1000 м над ур. моря. В верхней части ручья ширина его водосбора составляет 200-250 м, в нижней части – 500-800 м. Общая протяженность ручья – 3,5 км. Днище долины водотока слабо выработано, ее ширина в нижней части колеблется в пределах 50-100 м, а в верхней – 10-15 м. Склоны долины у истоков ручья имеют выпуклую форму, их крутизна достигает 25°, а иногда встречаются склоны с резко обрывающейся нижней частью и уступами. К устью ручья склоны выположены и приобретают вогнутую форму. Склоны долины прорезаны небольшими и средними по величине эрозионными ложбинами, которые служат долинами временных водотоков во время снеготаяния и сильных дождей. Ширина водотоков в районе исследований колеблется от 1 до 5 м, глубина – от 0,1 до 0,5 м. Дно их песчано-галечное, местами каменистое.

Горные породы здесь представлены эффузивами кислого и среднего состава (липаритовые порфиры, порфириты, дациты, сие-

ниты и их туфы), из осадочных пород встречаются алевролиты и песчаники [10]. Основной водоупорный горизонт на днище долины ручья выявлен на глубине 3 м. На водоразделах встречаются выходы подстилающих горных пород на дневную поверхность. Преобладание трещинных грунтовых вод создает условия интенсивного дренажа горных почв, что является одним из путей выноса (перераспределения) продуктов внутрипочвенного выветривания и способствует постоянному омоложению горных почв.

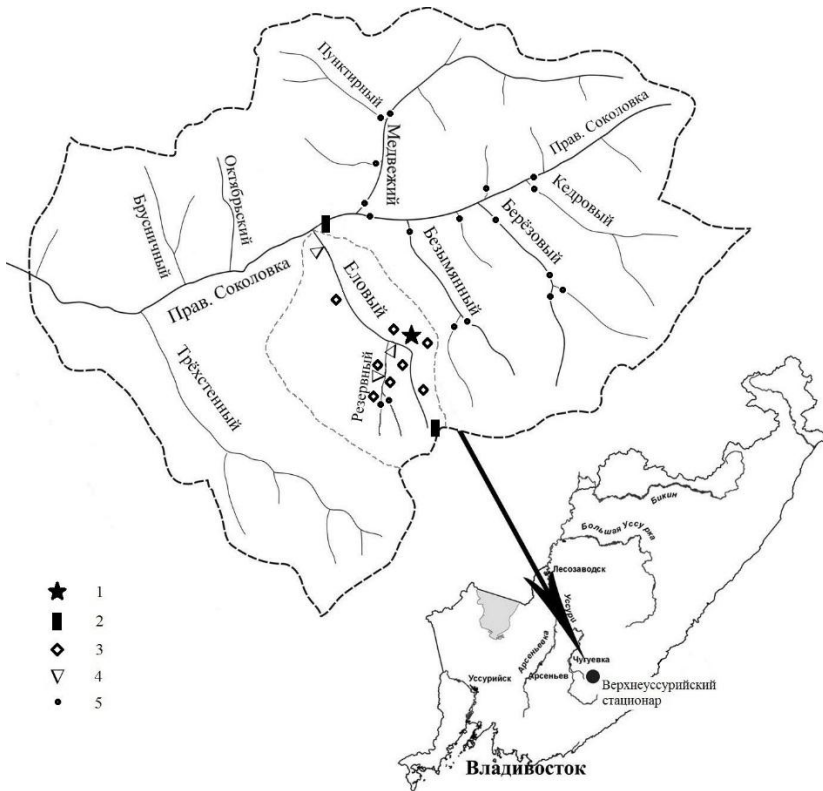


Рис. 1. Расположение и схема района исследований.
 Обозначения: 1 – метеостанция, 2 – осадкомер, 3 – лизиметрический пост, 4 – сезонные гидрологические посты, 5 – пункты эпизодических измерений и отборов проб

Под хвойно-широколиственными лесами в высотном поясе от 500 до 800–900 м над ур. м. на аллювиальных отложениях распространены горно-долинные, а на склоновом делювии – горнолесные бурые почвы. В поясе от 800 до 1100 м под пихтово-еловыми лесами на элювиальных и элювиально-делювиальных отложениях приводо-раздельных участков и склонов выделены буротаежные иллювиально-гумусовые группы типов почв. Высокая скелетность почв, рыхлое их сложение и крутые выпуклые склоны способствуют образованию интенсивного подповерхностного дождевого и снегодождевого стока.

Климат района исследований влажный умеренно-холодный, среднегодовой слой осадков 780 мм, среднегодовая температура воздуха – плюс 2,5°C, среднегодовая влажность воздуха – 74,8%, среднегодовая скорость ветра – 1,3 м/сек [8].

Сток в ручье устойчивый, полного пересыхания его не наблюдалось даже в самые засушливые годы, начиная с 1965 года, когда были начаты наблюдения за стоком ручья в верхней части его водосбора [7].

Подробное описание объекта и методов измерений, отбора и анализа проб приведено в предыдущих статьях авторов [1, 4, 5].

Натурные наблюдения выполнялись в теплый период года – с мая по сентябрь, во время интенсивных съемок – 1 раз в 1-2 дня, в межень – 1 раз в 3 дня, в паводки – дважды в сутки. Пробы воды отбирались в полиэтиленовые бутылки, предварительно трехкратно сполоснутые водой непосредственно в месте отбора. Для всех гидрохимических проб на месте выполнялись измерения температуры, pH и электропроводности воды с помощью термокондуктометра Ciba Corning M90 и портативного анализатора воды YSI Professional Plus, pH в полевой лаборатории – с помощью pH-метра «Эксперт-001» и «Mettler-Toledo». Одновременно с отбором проб проводилось измерение расхода воды с помощью электромагнитного измерителя скорости потока FlowSens SEBA.

Пробы готовились и транспортировались в ТИГ ДВО РАН. Во всех пробах определялись основные макрокомпоненты, кремний и содержание общего растворенного органического углерода. Содержание гидрокарбонат-иона определялось потенциометрическим титрованием в нефилтрованных пробах по стандартной методике.

Остальные компоненты определялись после фильтрации через фильтр Durapore Millipore с размером пор 0.45 мкм. Для анализа методами AAS и ICP-MS пробы после фильтрации подкислялись азотной кислотой. Содержание главных анионов (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-) определялось на жидкостном хроматографе Shimadzu LC 10Avp, содержание главных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) – на атомно-абсорбционном спектрометре Shimadzu AA 6800. Кремний определялся методом ICP-MS (Agilent 7500 cx Series). Определение содержания растворенного органического углерода (POУ) в воде проводилось с помощью TOC-анализатора (Shimadzu TOC-VCPN).

Результаты исследований. В теплые периоды 2011-2018 гг. на различных водосборах в пределах стационара было отобрано более 1835 проб русловых, почвенных, подстилочных, подкronовых и дождевых вод, из них только русловых – 584.

По степени минерализации воды в бассейне руч. Елового являются ультрапресными, по преобладающим ионам, согласно классификации О.А. Алекина, практически все они относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу, их минерализация находится преимущественно в пределах 20–45 мг/л, а кислотность (pH) – 6,2-7,2.

С помощью процедур многомерного статистического анализа было выявлено [4, 5], что доля почвенно-грунтовых вод в речном стоке исследуемого ручья в периоды повышенной водности (величина модуля стока более 10 л/с·км²) практически превышает 50%, а во время высоких паводков может достигать 90% и более (рис. 2).

Доля глубокого грунтового питания ручья резко снижается даже при прохождении относительно невысоких паводков с расходами более 60 л/с. А роль дождевых вод можно считать существенной в основном в условиях низкого стока во время летне-осенней межени.

Отсюда закономерен вывод о том, что в наиболее значимые фазы водного режима основная часть воды попадает в малые таежные реки из почв, протекая по сети неглубоко залегающей склоновой дренажной сети. Выявляя состав речных вод, мы, по сути, получаем интегральную характеристику состава поровых растворов, мигрирующих в почвах данных ландшафтов.

За период наблюдений с 2011 по 2018 гг. из ручья было отобрано и обработано 157 проб. Кроме анализа компонентов основного

состава (макросостава), в отдельные годы выполнено определение содержания микроэлементов [12].

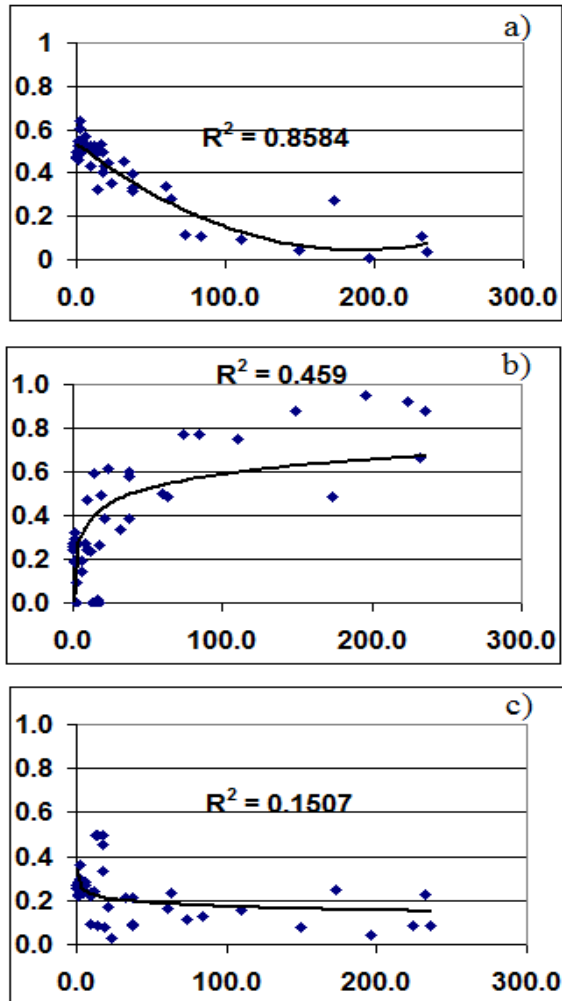


Рис. 2. Доли глубоких грунтовых (а), почвенно-грунтовых (б) и дождевых (с) вод в общем стоке руч. Еловый в зависимости от его водности (2012–2015 гг.).

По горизонтальной оси указаны расходы воды, л/с

В таблице ниже даны обобщенные характеристики концентраций показателей основного состава воды руч. Еловый на основе результатов, приведенных в [9].

Существенным здесь выступает то, что на фоне достаточно стабильных, мало варьирующих концентраций ионов водорода, сульфата, кальция, магния, натрия, калия, хлорида и значений общей минерализации высока изменчивость таких компонентов, как РОУ, гидрокарбонаты, нитраты и кремний. Это обусловлено их мобильностью, тесно связанной с динамикой увлажненности ландшафтов в течение теплого периода года. При этом основным источником РОУ и мобильных форм азота выступает аккумулятивный горизонт почв, а двуокись кремния привносится в реки преимущественно с глубоким грунтовым стоком, дренирующим верхние слои подстилающих трещиноватых пород.

Таблица

Содержание основных растворенных компонентов в руч. Еловый (устье) в теплый период года (май–октябрь) за период 2011–2018 гг.

Компонент	Среднее	+ σ^*	C_v^{**}
pH	6.63	0.25	0.038
РОУ	3.30	1.24	0.376
HCO_3^-	11.3	2.69	0.238
Cl^-	0.80	0.11	0.138
SO_4^{2-}	7.12	0.82	0.115
NO_3^-	1.84	0.62	0.337
Ca^{2+}	4.15	0.82	0.198
Mg^{2+}	0.51	0.10	0.196
K^+	1.05	0.19	0.181
Na^+	2.38	0.34	0.143
Σ ионов	29.1	2.97	0.102
SiO_2	7.67	1.75	0.228

* стандартное отклонение, ** коэффициент вариации, РОУ – растворенный органический углерод

2011 год был пробным, в течение сезона отрабатывалась и проверялась методика исследований. Эпизодические пробы воды характеризовали условия низкой водности.

Сезон 2012 года отличался сильно неравномерным увлажне-

нием: длительный засушливый период в начале лето сменился периодом интенсивных дождей и сильным августовским паводком с максимальным модулем стока, близким к $100 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$. Данная величина для большей части малых рек юга ДВ региона характеризует переход от паводков внутриобъемного генезиса к паводкам поверхностного генезиса, когда ёмкость речного бассейна достигает предела своего насыщения и сопровождается лавинообразным нарастанием временной подповерхностной и поверхностной дренажной сети [2].

По погодным условиям теплые сезоны 2013 и 2015 гг. характеризовались сравнительно однородным увлажнением и небольшими – не выше $50 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ – дождевыми паводками в июле и августе. В 2016 году наблюдения на Еловом были временно приостановлены.

Теплые периоды 2014 и 2017 гг. выступают в целом как наиболее засушливые из всех восьми лет наблюдений. Они отличаются редкими невысокими дождевыми паводками, наибольший из которых характеризовался максимальным модулем стока около $20 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$.

Сезон 2018 года представляется наиболее экстремальным по характеру увлажнения. В конце августа серия интенсивных дождей вызвала в районе исследований паводки редкой повторяемости и низкой вероятности превышения максимальных расходов. На ручье Еловый был измеренный удельный расход воды – $140 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ – намного превысил критерий паводка поверхностного генезиса.

Анализ полученных гидрологических и гидрохимических данных показывает преимущественно размытую нелинейную связь содержания основных компонентов и водности потока (рис. 3а–е). На некоторых приведенных графиках сплошными линиями показаны траектории изменения содержания растворенного вещества.

Размытость (дисперсия) связи обусловлена тем, что в процессах выщелачивания фаза паводка играет более важную роль, нежели объем стекающей воды. Это явление известно специалистам как гистерезис и достаточно подробно описано в литературе [14]. Особенно сильный гистерезис характерен для РОУ и кальция. На подъеме высокого паводка наблюдается их выщелачивание из почвы, вблизи пика и на спаде паводка имеет место разбавление в 1,5–2 раза за счет притока ультрапресных дождевых вод (рис. 3в, е). Тем не менее, теснота общей связи РОУ и расхода воды в ручье сохраняется

сравнительно высокой, нередко коэффициент детерминации связи $R^2 > 0,5$.

Нелинейный характер рассматриваемых связей обусловлен сменой физических, следовательно, и биогеохимических процессов формирования стока воды и растворенных веществ на фоне изменения увлажненности ландшафта. Как показано на рис. 2, по мере изменения водности происходит перераспределение долей трех основных источников питания руслового стока. Механизмы разгрузки и геохимический «почерк» вод из этих источников существенно отличаются, поэтому при их смешении в различных пропорциях различен и характер связи содержания растворенных веществ и интегрального показателя увлажнения бассейна – стока.

Отмечено общее возрастание содержания РОУ и нитратов при увеличении стока, особенно вблизи значений 28-30 л/с·км². Примечательна сильно нелинейная реакция уровня РОУ на рост водности (рис. 3в). При расходах воды от 2 до 100 л/с концентрация данного элемента находилась в пределах от 2 до 4 мг/л, при небольшом росте расхода выше 100 л/с содержание углерода возросло в 2 раза. Далее наблюдается разбавление речных вод ультрапресными дождевыми водами и снижение РОУ по мере возрастания уровня увлажнения водосбора.

В условиях высокого паводка 2012 года концентрация кальция (рис. 3е) в начале в целом снижалась на фоне роста удельного увлажнения до уровня 60 л/с·км², затем, при дальнейшем росте удельного расхода до 80 л/с·км² и выше проявилась тенденция выщелачивания этого элемента из почвенно-грунтовой толщи склонов. В более экстремальном по увлажнению 2018-м году проявилась обратная тенденция: с резким ростом увлажнения скорость разбавления почвенно-грунтовых вод дождевыми водами преобладала над скоростью выщелачивания, что привело к существенному снижению содержания кальция, но к засушливому концу этого сезона кальций почти восстановил свои значения.

Примечателен средний уровень гидрокарбонатов в зависимости от увлажненности сезона (рис. 3б). Снижение фона увлажнения (как в 2014 году) приводит к снижению скорости выщелачивания гидрокарбонатов и уровня его содержания в речной воде, при этом он практически перестает коррелировать с расходом воды. Во время

дождевых высоких паводков прослеживается тенденция снижения гидрокарбонатов за счет опреснения речной воды дождями. Согласно полученным данным отмечается снижение сульфатов и гидрокарбонатов при увеличении модуля стока выше некоторого порогового значения – 10-12 л/с·км² (соответствующие значения расхода воды – 35-40 л/с) (рис. 3б, е). При этом разбавление гидрокарбонатов и кальция проявляется лишь как тенденция, очевидно, в связи с различием форм их миграции в разных фазах паводка.

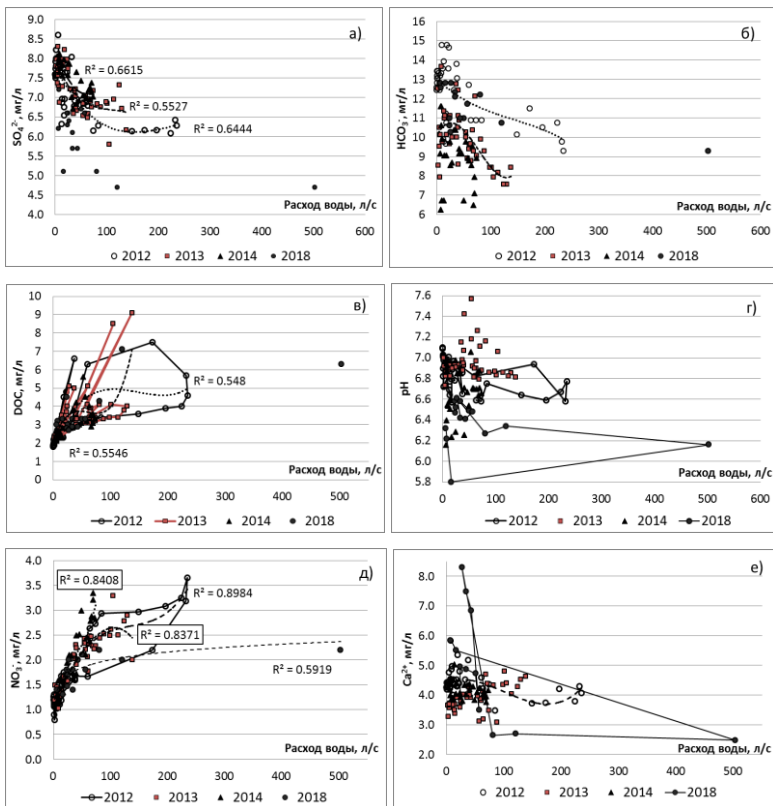


Рис. 3. Соотношение расхода воды в руч. Еловом в устье и содержания сульфатов (а), гидрокарбонатов (б), РОУ (в), pH (г), нитратов (д), кальция (е) в отдельные годы наблюдений

Не выявлено существенной связи между водностью потока и комплексным показателем рН (рис. 3г). При этом отмечено понижение среднего фона рН в низководный сезон 2014 года после экстремального увлажнения 2012-2013 гг. и, особенно, в «сырой» сезон 2018 года. Это может быть обусловлено ростом склонового питания в верхней части бассейна, где распространены более кислые горно-таежные почвы, а также – особенно в 2018-м году – повышенной долей более кислых дождевых вод.

Наиболее тесной выглядит связь содержания нитратов и расходов воды (рис. 3д), при этом рост их с ростом расхода обусловлен вымыванием их из подстилки и гумусового слоя почвы в диапазоне удельной водности от 0 до 20 л/с·км². При дальнейшем росте увлажненности водосбора такая тенденция ослабевает благодаря разбавлению почвенно-грунтовых вод дождевыми.

Осенью 2012 года наблюдалась экстремально высокая водность рек в Приморье, что является крайне редкой аномалией для данного сезона [3], она определила высокий фон общего сезонного увлажнения в 2013 и 2014 гг. с соответствующими химическими откликами в водотоках Приморья. Так, в 2014-м, а также и в дождливом сезоне 2018-го года наблюдалось общее изменение химического фона, что, вероятно, связано с особенностями режима увлажнения водосбора как в текущем, так и в предшествующие сезоны.

Выводы.

1. Анализ полученных данных позволил выделить компоненты состава, содержание которых в среднем снижается с ростом водности потока в силу преобладания разбавления над процессами выщелачивания – это сульфаты и гидрокарбонаты, поступающие преимущественно из подстилающих пород.

2. Для компонентов, связанных с почвенным покровом и биотой, отмечен рост содержания с увеличением расхода во время дождевых паводков (РОУ, нитраты, алюминий и др.), что связано с преобладанием процессов вымывания этих веществ из почвенно-растительного покрова над процессами разбавления поровых растворов, мигрирующих в реки, дождевыми водами.

3. Выделяются показатели состава речных вод (рН, кальций, а также ряд микроэлементов), статистически слабо связанные с расхо-

дом воды; значимая связь прослеживается в случае высоких дождевых паводковых событий. Вероятно, процессы выщелачивания и процессы разбавления в данном случае в сезонном разрезе уравниваются.

4. Межгодовые изменения поведения растворенных веществ в малых реках региона на фоне меняющихся гидрометеорологических условий текущего сезона указывают на значимость таких условий в предшествующие годы.

5. Отдельные компоненты химического состава вод не могут служить самостоятельными надежными трассерами источников формирования стока в малых горнолесных ландшафтах. Для оценки генетической структуры последнего более эффективным является применение *комплексных трассеров* в рамках процедуры анализа смешения источников (конечных элементов) ЕММА [5, 6].

Список литературы

1. Болдескул, А. Г. Ионный состав генетических типов вод малого речного бассейна: стационарные исследования в Центральном Сихотэ-Алине / А. Г. Болдескул, В. В. Шамо́в, Б. И. Гарцман, Кожевникова Н. К. // Тихоокеанская геология. – 2014. – Т. 33. – № 2. – С. 90-101.
2. Гарцман, Б. И. Дождевые наводнения на реках юга Дальнего Востока: методы расчетов и прогнозов, оценок риска / Б. И. Гарцман. – Владивосток: Дальнаука. – 2008. – 223 с.
3. Гарцман, Б. И. Условия формирования экстремально высокой водности рек Приморья в осенне-зимний период 2012 г. / Б. И. Гарцман, Л. И. Мезенцева, Т. С. Меновщикова [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 6. – С. 77-92.
4. Гарцман, Б. И. Натурные исследования стокоформирования в Дальневосточном регионе на основе современных средств наблюдений / Б. И. Гарцман, В. В. Шамо́в // Водные ресурсы. – 2015. – Т. 42. – № 6. – С. 589-599.
5. Губарева, Т. С. Разделение гидрографа стока по генетическим составляющим / Т. С. Губарева, Б. И. Гарцман, В. В. Шамо́в [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2015. – № 3. – С. 97-108.
6. Губарева, Т. С. Модель смешения четырех источников питания речного стока с использованием гидрохимических трассеров в задаче разделения гидрографа / Т. С. Губарева, Б. И. Гарцман, Н. В. Солопов // Водные ресурсы. – 2018. – Т. 45. – № 6. – С. 583-595.

7. Жильцов, А. С. Гидрологическая роль горных хвойно-широколиственных лесов Южного Приморья / А. С. Жильцов. – Владивосток: Дальнаука. – 2008. – 332 с.

8. Кожевникова, Н. К. Динамика погодно-климатических характеристик и экологические функции малого лесного бассейна / Н. К. Кожевникова // Сибирский экологический журнал. – 2009. – № 5. – С. 693-703.

9. Кожевникова, Н. К. Гидрохимический сток малых рек Верхнеуссурийского лесного стационара / Н. К. Кожевникова, А. Г. Болдескул, Т. Н. Луценко [и др.] // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – 2019. – № 8. – С. 66-72.

10. Челноков, Г. А. Углекислые минеральные воды юга Дальнего Востока России / Г. А. Челноков, Н. А. Харитоновна. – Владивосток: Дальнаука. – 2008. – 165 с.

11. Шамо́в, В. В. Экспериментальные исследования генетической структуры стока с помощью химических трассеров: постановка задачи / В. В. Шамо́в, Б. И. Гарцман, Т.С. Губарева [и др.] // Инженерные изыскания. – 2013. – № 1. – С. 60-69.

12. Boldeskul, A. G. Chemical composition of geographical types of the small river basin waters (Central Sikhote-Alin Mountains, Pacific Asia) / A. G. Boldeskul, V. V. Shamov, B. I. Gartsman [et al.] // Water Resources. – 2016. – V. 43. – № 1. – P. 112-124.

13. Cartwright, I. Concentration versus streamflow trends of major ions and tritium in headwater streams as indicators of changing water stores / I. Cartwright, U. Morgenstern, H. Hofmann // Hydrological Processes. – 2019. – № 34. – P. 485–505. – <https://doi.org/10.1002/hyp.13600>.

14. Zhi, W. Distinct source water chemistry shapes contrasting concentration-discharge patterns / W. Zhi, L. Li, W. Dong [et al.] // Water Resources Research. – 2019. – 55. – <https://doi.org/10.1029/2018WR024257>.

Работа выполнялась благодаря финансовой поддержке РФФИ (проекты 11-05-00526, 14-05-00150, 16-05-00541, 17-05-00217 и 19-05-00326) и Программы Министерства высшего образования и науки "Дальний Восток" (проект 18-5-089). Авторы также выражают признательность к.г.н. Беляковой П.А. (ИВП РАН), к.г.-м.н. Челнокову Г.А. (ДВГИ ДВО РАН), к.т.н. Бугайцу А.Н. и к.г.н. Макагоновой М.А. (ТИГ ДВО РАН), Матвеевой Л.В. (ДВФУ), к.г.-м.н. Солдатовой Е.А. (ГЕОХИ РАН), а также студентам МГУ им. М.В. Ломоносова, ДВФУ, Пермского ГНИУ, СПбГУ и РГГМУ, принимавшим участие в полевых экспедиционных исследованиях и в обработке и обсуждении полученных данных.

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ,
АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ

*Сборник научных статей
по материалам*

*международной научно-практической конференции,
посвященной памяти почвовед-агрохимика
кандидата сельскохозяйственных наук, доцента
Валентины Федоровны Прокопчук*

(Благовещенск, 23–24 октября 2019 г.)

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.

Подписано к печати 30.12.2019 г. Формат 60×90/16.

Уч.-изд.л. – 6,1. Усл.-п.л. – 9,5. Заказ 148.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
издательства Дальневосточного государственного аграрного университета
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86