

*«Широко распространяет химия руки свои в дела человеческие... Куда ни посмотрим, куда ни оглянемся, везде обращаются перед очами нашими успехи ее прилежания»*

*М.В. Ломоносов*

Журнал входит в базу данных российских научных журналов Russian Science Citation Index на платформе Web of Science и включен в международную информационную систему AGRIS (Agricultural Research Information System), международную базу данных химических научных журналов Chemical Abstracts (CAS (pt)) и международную исследовательскую базу данных Research Bible.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФАКУЛЬТЕТУ ПОЧВОВЕДЕНИЯ МГУ – 45 ЛЕТ

<i>Прохоров И.С.</i> К юбилею факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова.....	2
<i>Макаров И.Б., Балабко П.Н. и др.</i> Окультуривание подзолистых почв: актуальные аспекты.....	6
<i>Балабко П.Н., Басевич В.Ф. и др.</i> Изменение морфологического строения каштановой почвы в результате планировки.....	9
<i>Гончаров В.М.</i> Формирование агрофизических условий в неоднородном почвенном покрове.....	13
<i>Зубкова Т.А., Ашинов Ю.Н.</i> О формировании глубокогогумусных почв (посвящается Л.О. Карпачевскому).....	18
<i>Макаров О.А., Цветнов Е.В. и др.</i> «Нерыночная» сущность рыночных отношений в сфере землепользования.....	24
<i>Хуснетдинова Т.И., Балабко П.Н. и др.</i> Использование гуминовых препаратов при выращивании безвирусного картофеля на конструкторских землях.....	29
<i>Куликова Н.А., Филиппова О.И.</i> Защитное действие гуминовых веществ по отношению к проросткам пшеницы в условиях неблагоприятных температур.....	33
<i>Филиппова О.И., Куликова Н.А.</i> Оценка фитотоксичности гербицида Имазамокс в почвах с использованием различных методов биотестирования.....	37
<i>Добровольская Т.Г., Хуснетдинова Т.И. и др.</i> Специфика таксономического состава бактериальных сообществ лекарственных растений и их экологическая значимость.....	42
<i>Шелепова О.В., Кондратьева В.В. и др.</i> Воздействие узкополостного света на физиолого-биохимические параметры растений тагетиса низкорослого.....	46
<b>ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ</b>	
<i>Ветчинников А.А., Титова В.И., Баранов А.И., Сеньчева Е.В.</i> Оценка возможности использования донных отложений пруда для рекультивации техногенно нарушенных почв.....	50
<i>Федотова Е.Н., Федорова Ю.Н., Рысев М.Н.</i> Зависимость развития растений и накопления нитратов в продукции от факторов окружающей среды и удобрений.....	53
<i>Бортник Т.Ю., Долговых О.Г., Лекомцева Е.В., Башков А.С.</i> Утилизация золы органосодержащих отходов в сельскохозяйственном производстве.....	57
<i>Белоброва Д.В.</i> Трансформация почв и агрохимических параметров плодородия в условиях интенсивного землепользования (на примере садовых неформальных товариществ).....	62
<i>Прохоров И.С., Корнеев К.В.</i> Новые направления развития особо охраняемых природных территорий.....	68

## CONTENTS

### LMSU SOIL SCIENCE FACULTY – 45<sup>th</sup> ANNIVERSARY

<i>Prokhorov I.S.</i> Anniversary of Soil Science faculty of Lomonosov Moscow State University.....	2
<i>Makarov I.B., Balabko P.N., Basevich V.F., Karpova D.V., Khusnetdinova T.I.</i> Acculturation of podzolic soils: actual aspects.....	6
<i>Balabko P.N., Basevich V.F., Vityazev V.G., Makarov I.B.</i> Changes of morphological formation of chestnut soil due to land planning.....	9
<i>Goncharov V.M.</i> Formation of agrophysical conditions at heterogenic soil surface.....	13
<i>Zubkova T.A., Ashinov Yu.N.</i> About formation of deep-humus soils (dedicated to professor L.O. Karpachevsky).....	18
<i>Makarov O.A., Tsvetnov E.V., Strokov A.S., Kubarev E.N., Abdulkhanova D.R.</i> «Non-market» essence of market relations in the field of land use.....	24
<i>Khusnetdinova T.I., Elansky S.N., Balabko P.N., Baturina L.K., Cherkashina N.F.</i> Application of humic preparations for cultivation of unveiled potato by biologicalized technology.....	29
<i>Kulikova N.A., Filippova O.I.</i> Mitigating activity of humic substances in relation to wheat seedlings under unfavorable temperatures.....	33
<i>Filippova O.I., Kulikova N.A.</i> Assessment of herbicide Imazamox phytotoxicity in soil using different bioassay methods.....	37
<i>Dobrovolskaya T.G., Khusnetdinova T.I., Savitskaya P.M., Manucharova N.A., Yakushev A.V.</i> Specificity of taxonomic composition of bacterial communities of medicinal plants and their ecological significance.....	42
<i>Shelepova O.V., Kondrat'eva V.V., Olecknovich L.S., Bidukova G.F., Khusnetdinova T.I.</i> Influence of spectral light on the physiological biochemical parameters of <i>Tagetes patula</i> L.....	46
<b>ECOLOGICAL PROBLEMS</b>	
<i>Vetchinnikov A.A., Titova V.I., Baranov A.I., Senchova E.V.</i> Assessment of opportunity of lake bottom sediments application for recultivation of technogenically disturbed soils.....	50
<i>Fedotova E.N., Fedorova Yu.N., Rysev M.N.</i> Dependence of plants development and nitrates accumulation in output on environmental factors and fertilizers.....	53
<i>Bortnik T.Yu., Dolgovykh O.G., Lekomtseva E.V., Bashkov A.S.</i> Utilization the ash of organ-containing waste in agricultural production.....	57
<i>Belobrova D.V.</i> Transformation of soils and agrochemical parameters of fertility in conditions of intensive land use (on the example garden non-commercial partnerships).....	62
<i>Prokhorov I.S., Korneevets K.V.</i> New development directions of Natural Specially Protected Areas.....	68

*Главный редактор:* И.С. Прохоров, к.с.-х.н.

*Редакция:* И.И. Прохорова (директор), М.А. Королькова, Н.В. Куроптева

*Редколлегия:* Р.М. Алексахин, д.б.н., А.И. Беленков, д.с.-х.н., С.Л. Белопухов, д.с.-х.н., Н.М. Белоус, д.с.-х.н., Н.В. Войтович, д.с.-х.н., А.А. Завалин, д.с.-х.н., А.Л. Иванов, д.б.н., Л.В. Кирейчева, д.т.н., Н.В. Клебанович, д.с.-х.н. (Беларусь), С.В. Лукин, д.с.-х.н., С.М. Лукин, д.б.н., М.М. Овчаренко, д.с.-х.н., А.В. Пасынков, д.б.н., Т.Ф. Персикова, д.с.-х.н. (Беларусь), А.А. Плотников, к.с.-х.н., О.А. Подколзин, д.с.-х.н., П.Д. Попов, д.с.-х.н., В.Г. Сычев, д.с.-х.н., В.И. Титова, д.с.-х.н., П.А. Чекмарев, д.с.-х.н.

*Адрес для переписки:* 115419, Москва, Шаболовка, 65-1-50. Тел/факс: (495) 952-76-25

[www.agrochemv.ru](http://www.agrochemv.ru) e-mail: [agrochem\\_herald@mail.ru](mailto:agrochem_herald@mail.ru)

Отпечатано в ООО «САМ Полиграфист», г. Москва, 109316, Волгоградский пр-т, д. 42, корп. 5

Подписано в печать 16.04.2018 г. Печать цифровая. Формат 60x90/8. Заказ

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации 29 апреля 1997 г. № 011095

# ФАКУЛЬТЕТУ ПОЧВОВЕДЕНИЯ МГУ – 45 ЛЕТ

УДК 378.1(091.5)(631.4)(470-25)

## К ЮБИЛЕЮ ФАКУЛЬТЕТА ПОЧВОВЕДЕНИЯ МГУ им. М.В. ЛОМОНОСОВА

**И.С. Прохоров, к.с.-х.н.**

*Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела Минприроды России,  
e-mail: nauka-iac@mail.ru*

*Представлено краткое изложение вступительной статьи основателя и первого декана факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, академика Г.В. Добровольского (1915-2013) к справочнику, посвященному учебной и научной деятельности факультета. Показана история развития почвоведения, начиная с трудов М.В. Ломоносова и заканчивая работой современных ученых и преподавателей факультета не только в учебных лабораториях, но и в полевых условиях, которой всегда отличались почвоведы Докучаевской научной школы.*

**Ключевые слова:** университет, МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, научная школа.

### ANNIVERSARY OF SOIL SCIENCE FACULTY OF LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY

**Ph.D. I.S. Prokhorov**

*Information and Analytical Center for Protected Areas Support of  
Ministry for Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, e-mail: nauka-iac@mail.ru*

*A brief presentation of the introductory article of the founder and first dean of the Soil Science Faculty of the Lomonosov Moscow State University, academician G.V. Dobrovolsky (1915-2013) to the handbook on the educational and scientific activities of the faculty is presented. The history of the development of soil science is shown, beginning with the works of M.V. Lomonosov and ending with the work of modern scientists and teachers of the faculty not only in educational laboratories, but also in the field, which always differed the soil scientists of the Dokuchaev scientific school.*

**Keywords:** university, Lomonosov Moscow State University, soil science department, scientific school.

Истоки наук о почвах находятся в трудах основателя Московского университета – Михаила Васильевича Ломоносова. Разрабатывая программу Российского географического атласа, М.В. Ломоносов ставил вопрос о совершенствовании земледелия и выяснении «... каких родов хлеб сеют больше и плодovито ли вносят». Он обратил внимание и на такие вопросы, как эрозия почв и погребение почв под свежими водными и пыльными наносами. Наиболее полно свои взгляды на происхождение и свойства почв, особенно черноземов, М.В. Ломоносов изложил в своей книге «О слоях земли» (1763). Характеризуя самый верхний слой Земли, он старался выяснить вопрос о происхождении черноземов, подразумевая под этим термином черную землю или почвенный перегной. Вслед за М.В. Ломоносовым к вопросу о возможности изучения черноземных почв привлекает внимание профессор Московского университета Матвей Иванович Афонин. Его первая публичная лекция о

почве 22 апреля 1771 г. имела особое значение в Московском университете, она была произнесена в день рождения императрицы Екатерины Алексеевны и называлась «Слово о пользе знаний собирания и расположении чернозему, особливо в хлебопашестве». М.И. Афонин разработал одну из первых классификаций черноземных почв и первым предложил организовать Почвенный музей. Сведения о почвах излагались М.И. Афониним в лекционном курсе агрономии, который был организован при кафедре зоологии и ботаники Московского университета и назывался сельскохозяйственным домоводством. После М.И. Афонина вопросы почвоведения находили свое место в той или иной форме на разных кафедрах университета, в том числе с 1804 г. на кафедре «Минералогии и сельского домоводства» в лекциях профессора М.Г. Павлова, Я.А. Линовского и Н.И. Железнова, а с 1863 г. на кафедре агрохимии – профессора Н.Е. Ляковского. В 1884 г. в соответствии с новым уставом кафедра

агрохимии была преобразована в кафедру агрономии. В 1906 г. по предложению профессора этой кафедры А.Н. Сабанина впервые в учебный план физико-математического факультета было введено преподавание почвоведения как самостоятельного и обязательного предмета для студентов естественного отделения этого факультета. С этого времени А.Н. Сабанин начал читать систематический курс лекций по почвоведению, издал в 1909 г. «Краткий курс почвоведения», организовал превосходную по тем временам почвенно-агрохимическую лабораторию. Широта научного мировоззрения влекла к А.Н. Сабанину специалистов разных естественных наук и способствовала формированию школы его учеников и последователей, ставших затем известными учеными, профессорами и преподавателями университетов. Среди них нельзя не назвать имена В.В. Геммерлинга, Д.Н. Прянишникова, И.П. Жолдинского, С.А. Захарова, М.М. Филатова, Ф.П. Саваренского, А.А. Красюка, Е.П. Троицкого, Р.С. Ильина, А.П. Левицкого. Каждый из них внес достойный вклад в науку о почвах. Тем самым А.Н. Сабанин создал основу для организации в Московском университете самостоятельной кафедры почвоведения. К сожалению, завершить это важное дело он не смог, так как в 1920 г. скончался.

Официально кафедра почвоведения в Московском университете была открыта в 1922 г. в результате разделения кафедры агрономии на самостоятельные кафедры – почвоведения и агрохимии. Кафедру почвоведения возглавил ближайший ученик А.Н. Сабанина профессор В.В. Геммерлинг, а кафедру агрохимии – профессор А.Н. Лебедев, а затем профессор А.М. Лебедев. Вслед за Московским университетом кафедры почвоведения были организованы во многих университетах России, в том числе Санкт-Петербургском, Казанском, Ростовском, Воронежском, Томском, Иркутском, Дальневосточном, а также в университетах союзных республик бывшего Советского Союза. Так исполнилась мечта основателя генетического почвоведения В.В. Докучаева об организации кафедр теоретического почвоведения в университетах России.

Кафедрой почвоведения профессор В.В. Геммерлинг руководил с 1922 по 1953 г. Под его руководством на кафедре не только сохранились, но и успешно продолжались многосторонние исследования почв, расширялись контакты и сотрудничество с университетскими географами, геологами, химиками, ботаниками. Осенью 1943 г. на почвенном отделении геолого-почвенного факультета в дополнение к ранее организованным кафедрам почвоведения и географии почв были открыты еще кафедры химии и анализа почв, физики и мелиорации почв и агрохимии. Однако в конце 1940-х годов почвоведению так же, как и биологии пришлось пережить тяжелые времена, связанные с ад-

министративным вмешательством в науку, получившим название «лысенковщины». Ведущие профессора-почвоведы получили административные взыскания, а некоторые были отстранены от преподавательской деятельности. Через несколько лет при поддержке ректората и общественности университета нормальная ситуация была восстановлена, но нанесенный ущерб не прошел для науки о почве бесследно.

Тяжелый удар был нанесен почвоведению в 1962 г., когда всемирно известный Почвенный институт им. В.В. Докучаева был выведен из структуры Академии наук СССР (вместе со многими другими институтами и лабораториями) и передан в ведение Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина (ВАСХНИЛ) «для приближения к практике сельского хозяйства». Подобные же действия были осуществлены в академиях союзных республик и университетах.

Перспективы развития почвоведения как самостоятельной отрасли естествознания требовали более четкого определения новых научных направлений, правильного соотношения в учебных планах преподавания разных дисциплин. В связи с этим возникала необходимость организации самостоятельного факультета почвоведения. По инициативе университетских почвоведов Ученый совет Московского университета поддержал идею организации факультета почвоведения в Московском университете.

10 апреля 1973 г. ректор университета академик Р.В. Хохлов подписал приказ о разделении биолого-почвенного факультета на два факультета – биологический и почвоведения. Для биологического факультета это означало восстановление, ранее существовавшего (с 1930 г.) в университете факультета, а для почвоведения это был исторический акт организации первого в мире самостоятельного факультета почвоведения в системе университетского образования. Первым деканом факультета в 1973 г. был избран профессор Г.В. Добровольский, в конце 1989 г. его сменил на этом посту профессор А.Д. Воронин, а с 1995 г. – профессор С.А. Шоба.

Факультет почвоведения создавался отнюдь не на пустом месте. К моменту его создания на почвенном отделении биолого-почвенного факультета уже было шесть специализированных кафедр: общего почвоведения, географии почв, физики и мелиорации почв, биологии почв, агрохимии и общего земледелия. Руководители и сотрудники этих кафедр представляли широко известную и авторитетную школу почвоведов Московского университета. Эта школа сложилась в конце XIX – начале XX вв. под руководством уже упомянутых профессоров А.Н. Сабанина и В.В. Геммерлинга. В дальнейшее ее развитие вложили свой труд и талант их ученики и последователи, ставшие известными учеными: Д.Н. Прянишников, М.М. Филатов, С.А. Захаров, И.П.

Жолчинский, Е.П. Троицкий, Н.А. Качинский, Н.П. Ремезов, Н.Н. Сушкина, а позже Д.Г. Виленский, С.А. Владыченский, Н.Н. Большев, Е.В. Аринушкина, А.Г. Гаель, П.Е. Соловьев. В конце 1940-х – начале 1950-х годов к руководству кафедрами почвенного отделения пришли Н.С. Авдонин (1949), Н.А. Красильников (1953), В.Т. Макаров (1954). С 1953 по 1973 г. кафедрой общего почвоведения возглавлял выдающийся ученый член-корреспондент АН СССР В.А. Ковда, создавший на кафедре геохимическое направление. В 1960-х и 1970-х годах многие ученые школы почвоведов Сабанина-Геммерлинга начали уходить из жизни, и на смену им пришло новое поколение их учеников и последователей. При этом были обеспечены преемственность развития научных направлений и сохранение лучших демократических университетских традиций в стиле руководства кафедрами и лабораториями. На факультете почвоведения заведующими кафедрами и ведущими преподавателями и сотрудниками стали молодые в те годы ученые: Н.Г. Зырин, Т.И. Евдокимова, Г.В. Добровольский, А.Д. Воронин, Б.Г. Розанов, Д.Г. Звягинцев, Д.С. Орлов, Е.А. Дмитриев, Л.О. Карпачевский, В.Д. Васильевская, Ф.Р. Зайдельман, Е.М. Самойлова, М.С. Кузнецов, П.Н. Балабоко, Ф.А. Тихомиров, Т.А. Соколова, Л.А. Гришина, Л.А. Воробьева, И.В. Якушевская, Л.А. Лебедева, Г.Ф. Лебедева, Т.Г. Мирчинк, И.П. Бабьева, М.М. Умаров, И.С. Урусевская., М.Н. Строганова, К.Н. Федоров, Ю.Г. Гельцер. Под их руководством факультет прошел с 1973 г. достойный путь. За это время на факультете получили развитие новые научные направления, выполнены важные теоретические и прикладные исследования.

В 1996 г. на научно-лабораторной базе факультета был создан Институт почвоведения МГУ-РАН. Он был организован в соответствии с постановлением Президиума РАН от 27 июня 1995 г. и решением Ученого совета МГУ от 31 августа 1995 г. Директором института был назначен академик РАН Г.В. Добровольский, его заместителями стали член-корр. РАН С.А. Шоба и профессор Г.С. Куст. Главным научным направлением института с момента его появления стало изучение структурно-функциональной роли почв в биосфере. Это направление разрабатывалось совместно с кафедрами и лабораториями факультета почвоведения, а также с Институтом проблем экологии и эволюции им. Н.А. Северцова, Институтом физико-химических и биологических проблем почвоведения, Институтом географии, Почвенным институтом им. В.В. Докучаева и смежными факультетами МГУ. В 2016 г. институт был преобразован в лабораторию экологического почвоведения в составе кафедры географии почв.

Угроза глобального экологического кризиса, обострившаяся на рубеже XX и XXI в., вызвала

необходимость изучения и решения самых различных экологических проблем. Это непосредственно коснулось и почвоведения, которое по сути своей всегда было одной из важнейших экологических естественно-научных дисциплин. В связи с этим на факультете активно развивается экологическое направление в науке о почве. Совершенно новой почвенно-экологической проблемой, возникшей под влиянием урбанизации, стало изучение специфики генезиса, свойств, экологии и систематики городских почв. На основе проведенных исследований опубликованы первые методики, инструкции и монографии, посвященные городским почвам.

В конце XX – начале XXI вв. кафедрами и лабораториями факультета и института проведены почвенно-экологические и почвенно-биологические исследования в разных областях и районах России: на Кольском полуострове, в Центральном районе России, в Поволжье и Заволжье, на Северном Кавказе, в Прикаспийской низменности и в Дагестане, в тундрах Крайнего Севера европейской и азиатской части России, в нефтегазоносных районах Западной Сибири и на Камчатке. Составлены и опубликованы обзорные карты почвенно-экологического районирования Мира и Восточно-Европейской равнины, аридных территорий Юга России, подвергающихся опустыниванию, а также агроландшафтная экологическая почвенно-мелиоративная карта.

Большое внимание уделяется изучению проблемы антропогенного, в том числе химического, агрохимического и радиоактивного загрязнения почв. Систематизированы и обобщены данные по загрязнению и нормированию содержания в почвах токсических веществ, а также совершенствованию методов их определения и дезактивации. В связи с нарастанием техногенного загрязнения атмосферы важное значение имеет исследование газовой фазы почв, в том числе эмиссии из почв диоксида углерода, метана и закиси азота. На основе экспериментальных исследований и обобщения литературных материалов на кафедрах физики и мелиорации почв, химии и биологии почв дана количественная оценка экологической функции педосферы как важнейшего резервуара, источника и стока для газообразных веществ природного и антропогенного происхождения. Показано, что эмиссия диоксида углерода из почв составляет более 30% от суммы всех источников этого газа на планете. Это подтверждает положение о том, что почва является важнейшим фактором регулирования состава и современного состояния атмосферы. На факультете создан химико-аналитический центр, аккредитованный в Системе аккредитации аналитических лабораторий (№ РОСС RU.001.515016 в Государственном реестре). Наряду с совершенствованием лабораторно-аналитических и стационарных исследований нельзя утратить и замечательные навыки

умелой работы в полевых условиях, которыми всегда отличались почвоведы докучаевской школы.

На факультете успешно развивается почвенная микробиология, которая нашла отражение в целой серии фундаментальных монографий и докторских диссертаций, посвященных экологии и структурно-функциональной организации микробных сообществ, разнообразию и функциям бактерий, актиномицетов, микроскопических грибов и дрожжей. Новые знания получены по проблеме трансформации и баланса азота и углерода в почвах и биоценозах.

Ценным вкладом в систематику и диагностику почв России стали микроморфологические исследования почв, выполненные под руководством профессора С.А. Шобы совместно с сотрудниками географического факультета МГУ (М.И. Герасимова) и Института физико-химических и биологических проблем почвоведения (С.М. Губин). Результаты этих исследований опубликованы в двух фундаментальных богато иллюстрированных монографиях на русском и английском языках.

Признанием высокого уровня научных исследований на факультете и в Институте почвоведения стало присуждение Г.В. Добровольскому, Ф.Р. Зайдельману, Д.Г. Звягинцеву, Л.О. Карпачевскому, Е.Д. Никитину, Д.С. Орлову и И.С. Урусевской Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники за 2001 г. за цикл работ «Функционально-экологические основы изучения, охраны, повышения плодородия почв и рациональное использование почвенных ресурсов».

Премия им. И.И. Шувалова присуждена в 1998 г. Г.С. Кусту за работу «Опустынивание и эволюция почв засушливых территорий». Премия им. В.Р. Вильямса присуждена в 1990 г. М.С. Кузнецову за учебник «Эрозия и охрана почв», а в 2002 г. он же удостоен Ломоносовской премии за работу «Моделирование, прогнозирование и предупреждение водной эрозии почв». Премии им. В.Р. Вильямса удостоены в 1999 г. Г.В. Добровольский и Е.Д. Никитин за книгу «Экологические функции почв в биосфере и наземных экосистемах», в 2001 г. Е.В. Шейн – за цикл работ «Структура почвы как основа ее агрофизической оценки», Л.Ф. Смирнова и А.И. Поздняков – за монографию «Полевая электрофизика в почвоведении, мелиорации и земледелии».

Одной из лучших традиций Московского университета является тесная органическая связь научной и учебной работы. Более того, научно-исследовательская работа преподавателей и научных сотрудников, составляет основу совершенствования подготовки специалистов с учетом современного состояния науки. Важнейшим принципом построения учебного плана служит стремление

обеспечить своим выпускникам широкое, подлинно университетское образование и одновременно глубокое знание специальных дисциплин. Важное значение в этом плане имеет систематическая работа Учебно-методического объединенного Совета университетов России по почвоведению, возглавляемого деканом факультета почвоведения МГУ членом-корреспондентом РАН С.А. Шобой и его заместителем профессором Е.В. Шейным.

За 45 лет факультет почвоведения подготовил более трех тысяч почвоведов со специализацией по разным направлениям почвоведения, агрохимии и почвенной микробиологии. Преподавателями и сотрудниками факультета опубликовано более 200 учебников и учебных пособий, многие из которых стали базовыми для университетов и высших учебных заведений, ведущих подготовку специалистов в области почвоведения, агрохимии, биологии, географии, земледелия, лесоведения и экологии.

На факультете работает три специализированных Совета по присуждению ученых степеней доктора и кандидата наук по специальностям: почвоведение, агрохимия, агрофизика, микробиология. На заседаниях советов защищено более 100 докторских и более 700 кандидатских диссертаций.

Учитывая современную потребность в специалистах новых профилей, факультет организовал в 2002 г. новые кафедры: земельных ресурсов и оценки почв во главе с профессором А.С. Яковлевым и агроинформатики во главе с профессором Д.М. Хомяковым. Постепенно обновляется и состав заведующих ранее созданных кафедр. В настоящее время кафедрами заведуют профессора: С.А. Шоба (география почв), М.И. Макаров (общее почвоведение), П.Н. Балабко (общее земледелие), И.И. Толпешта (химия почв), В.А. Романенков (агрохимия и биохимия растений), А.Л. Степанов (биология почв), О.А. Макаров (эрозия почв), А.Б. Умарова (физика и мелиорация почв), А.И. Щеглов (лаборатория радиоэкологии почв). Все вновь избранные по конкурсу заведующие кафедрами и лабораториями – воспитанники Московского университета. Многие профессора и преподаватели факультета удостоены почетных званий заслуженных профессоров и преподавателей, лауреатов премий им. М.В. Ломоносова и И.И. Шувалова за педагогическую деятельность.

Факультет почвоведения относится к числу небольших факультетов Московского университета. Тем более важно отметить, что в составе его преподавателей и сотрудников работают заслуженные деятели науки Российской Федерации, академики и члены-корреспонденты Российской академии наук, Российской академии естественных наук, Международной академии наук высшей школы.

#### Литература

1. Добровольский Г.В. Почвоведение в Московском университете. Справочник: факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: НИИ-Природа, 2005. – С. 5-14.

## ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ: АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

**И.Б. Макаров, к.б.н., П.Н. Балабко, д.б.н., В.Ф. Басевич, д.б.н.,  
Д.В. Карпова, д.б.н., Т.И. Хуснетдинова, к.б.н.**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: olviopol@yandex.ru*

*По данным многолетнего стационарного опыта кафедры земледелия и агроэкологии МГУ в процессе окультуривания (севообороты, внесение удобрений и мелиорантов) за 3-5 лет происходит постепенное повышение плодородия дерново-подзолистых почв до равновесного уровня. Сильноокультуренные почвы оказываются более устойчивыми к деградиционным процессам при снятии факторов антропогенного воздействия, что необходимо учитывать при классификации обрабатываемых почв.*

**Ключевые слова:** почвоведение, плодородие, окультуривание.

### ACCULTURATION OF PODZOLIC SOILS: ACTUAL ASPECTS

*Ph.D. I.B. Makarov, Dr.Sci. P.N. Balabko, Dr.Sci. V.F. Basevich,  
Dr.Sci. D.V. Karpova, PhD. T.I. Khusnetdinova*

*Lomonosov Moscow State University, e-mail: olviopol@yandex.ru*

*According to the data of the long-term stationary experience of the Department of Agriculture and Agroecology of the Lomonosov Moscow State University in cultivation process (crop rotations, application of fertilizers and meliorants) for 3-5 years, the fertility of soddy-podzolic soils gradually increases to the equilibrium level. Strongly cultivated soils are more resistant to degradation processes when the factors of anthropogenic impact are removed, which must be taken into account when classifying cultivated soils.*

**Keywords:** soil science, fertility, acculturation.

Совокупность приемов, направленных на устранение или смягчение отрицательных и улучшение благоприятных свойств и режимов почв, преследующих цель повышения плодородия, представляет собой процесс окультуривания почв [1]. Конечную высшую степень окультуривания приобретают почвы, которые классифицируются как культурные [2]. С другой стороны, значение слова «культурный» для природных объектов означает их противопоставление дикому состоянию [3]. Следовательно, если признать правоту такого определения, то следует все обрабатываемые почвы отнести к культурным, а различия в степени окультуренности подзолистых почв целесообразнее характеризовать такими определениями, как слабо-, средне- и сильноокультуренные [4]. Окультурированию подзолистых почв посвящено огромное количество исследований и литературы, но в них содержится много противоречивых сведений и выводов, нуждающихся в уточнении.

**Цели исследований** – изучение процесса окультуривания подзолистых почв, исследование его скорости и зависимости от различных факторов, а также изучение устойчивости свойств почв, приобретенных в результате окультуривания.

**Объекты и методы исследований.** Основной массив данных был получен в многолетнем полевом опыте кафедры общего земледелия МГУ, заложен-

ном в 1955 г. на территории АБС «Чашниково», расположенном на севере Московской области, в Солнечногорском районе (Клинско-Дмитровская гряда). Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая песчано-крупнопылеватая на покровных суглинках, подстилаемых красно-бурой мореной. Периодические наблюдения также вели на прилегающих полях хозяйства «Чашниково» (Кирпичное поле). Площадь опытного участка 2,5 га, разбитого на 5 полей по числу полей севооборота, на фоне которого проводили исследования. Каждое поле было разделено на 2 равные части, на которых изучали эффективность двух систем обработки почв, различающихся по характеру и глубине обработки. В свою очередь площадь каждого варианта обработки была разбита на 12 учетных площадок размером 10 x 10 м, разделенных метровыми защитными полосами.

Севооборот представлял из себя классический плодосменный (Норфолкский) четырехпольный, с пятым выводным клином. Чередование культур: многолетний клевер, озимые зерновые, пропашные, яровые зерновые с подсевом клевера, пятое поле – выводной клин (выводное поле). На каждом поле севооборота применяли свою систему обработки, которая включала традиционные для данной зоны приемы, но предусматривающая по возможности минимализацию обработки. Так, основную обработку (глубокая)

проводили в опыте 2 раза за ротацию. Два варианта обработки различались только тем, что перед пропашными на одном из вариантов обработки («обычная обработка») проводили обработку плугом с оборотом пласта на глубину 20-22 см, на другом варианте («новая система обработки») проводили глубокое рыхление плугом Мальцева с предплужниками на глубину 33-35 см.

В опыте на каждом поле севооборота применяли свою систему удобрений, дозы которых соизмерялись со средними дозами, применяемыми в то время в стране. По мере повышения этих доз они периодически повышались и в опыте, что позволило проследить, как изменялись показатели свойств почв и урожайность культур при изменении доз удобрений и мелиорантов.

Образцы почвы отбирали по разным методикам в зависимости от целей исследования. При изучении влияния доз удобрений на плодородие почвы буром отбирали смешанные образцы (методом конверта) на глубину пахотного слоя на нескольких учетных площадках (повторность от 4 до 10). При изучении почвообразовательных процессов отбирали индивидуальные почвенные образцы из прикопок до глубины 30 см по горизонтальным слоям мощностью в 5 см непрерывно. В течение вегетационного сезона в зависимости от характера исследований образцы отбирали до 12 сроков.

**Результаты.** Поле, на котором размещался опытный участок, было введено в культуру в 1935 г. после сведения елово-березового леса, удобрения до закладки многолетнего стационарного опыта (1955 г.) не вносили, но было проведено известкование почвы [5].

С 1955 по 1961 г. в опыте вносили следующие дозы удобрений и пестицидов: минеральные – N<sub>20</sub>P<sub>0</sub>K<sub>20</sub> д.в/га, органические – 7 т/га, известь – 5 т/га. После 1961 г. дозы удобрений были повышены в 2 раза. Соответственно

**1. Свойства почвы до начала окультуривания, 1954 г. [5]**

Глубина, см	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	S, ммоль-экв/100 г	V, %
0-21	2,8±0,1	5,5±0,2	10,2±0,8	75±6

здесь и далее уровень значимости (α) 0,05.

**2. Свойства почвы в 1971 г.**

Глубина, см	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	S, ммоль-экв/100 г	V, %
0-21	2,4±0,2	4,9±0,2	8,3±0,3	64±4
21-30	0,5±0,1	3,8±0,1	4,7±0,4	43±5

**3. Свойства почвы в 1977 г.**

Глубина, см	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	S, ммоль-экв/100 г	V, %
0-21	3,1±0,1	5,9±0,1	11,1±0,5	78±2

**4. Свойства почвы в 1985 г.**

Глубина, см	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	S, ммоль-экв/100 г	V, %
0-21	3,5±0,1	6,3±0,2	12,4±0,4	86±4

**5. Свойства почвы в 2015 г.**

Глубина, см	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	S, ммоль-экв/100 г	V, %
0-21	3,1±0,1	5,8±0,2	10,2±0,5	79±3

улучшались агрохимические свойства почв и повышалась урожайность сельскохозяйственных культур. Следует отметить, что урожайность возрасла в год внесения повышенных доз удобрений, а свойства почвы изменялись в лучшую сторону постепенно, достигая равновесного уровня за 3-5 лет. В дальнейшем они не изменялись, войдя в равновесие с изменившимися факторами антропогенного воздействия.

Дозы удобрений в 1972 г. увеличили: минеральные – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> д.в/га, органические – 20 т/га, известь – 5 т/га, соответственно за 3 года улучшились агрохимические свойства почвы и достигли равновесного уровня (табл. 3).

В 1978 г. дозы удобрений вновь были увеличены: минеральные – N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> д.в/га, органические – 25 т/га, известь – 5 т/га. За 4 года свойства почвы изменились и пришли к равновесному уровню, представленному в таблице 4.

В 1986 г. опыт был закрыт и участок передан в хозяйство «Чашниково», а в 1991 г. земли этого участка были выведены в залежь. На этом участке и на других полях проводили периодические наблюдения за состоянием почв в залежи. Изменения свойств почвы на разных участках проводили по-разному, наблюдалась зависимость этих изменений от рельефа, экспозиции склона, степени окультуренности и, что для наших наблюдений представляет особый интерес. Скорость деграционных изменений свойств почвы бывшего опытного участка была ниже ожидаемого, за 10 лет после вывода участка из опыта свойства почвы изменились незначительно (табл. 5).

С 1968 г. один из авторов статьи – И.Б. Макаров, принимал участие в исследованиях на стационарном опыте, в дальнейшем свойства почвы даются по его данным. Более подробные и разносторонние сведения об этом опыте можно найти в книге «Комплексный метод преобразования дерново-подзолистых почв и его эффективность» [5].

В 2015 г. наступила критическая точка в «жизни» этого участка. Деграционные процессы значительно ускорились, что выразилось как в изменении свойств почвы, так и в ее внешнем облике. Наблюдались, заметные визуально, морфогенетические изменения почвы, что выразилось в осветлении нижней части пахотного горизонта, появлении стяжений железа – от размытых пятен до предконкреционных образований. Появились светлые пятна элювиирования, что особенно часто наблюдалось на гранях педов. На полях бывшего севооборота (площадь 60 га) наблюдалась следующая закономерность: на участках со схожими экологическими условиями (рельеф, крутизна и экспозиция склона) морфологически выраженные изменения свойств почвы в залежи происходили с наибольшей задержкой на наиболее окультуренных полях.

**6. Свойства средне- и слабоокультуренной почвы**

Год	Глубина, см	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	S, ммоль-экв/100 г	V, %
2012	0-21	2,5±0,1	5,5±0,2	10,1±0,4	68±5
2014	0-21	1,9±0,2	5,0±0,2	8,8±0,5	57±3

**7. Свойства сильноокультуренной почвы**

Глубина, см	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	S, ммоль-экв/100 г	V, %
0-30	5,8±0,2	6,5±0,2	24,2±0,9	89±4

Наблюдения на среднеокультуренной почве показали, что если снизить уровень антропогенного воздействия, то она за относительно короткий период времени быстро, по меркам скорости почвообразовательных процессов, за 2-3 года утрачивает свои положительные свойства. Такие изменения позволяют предположить, что для данных экологических условий почва еще не достигла средней степени окультуренности, а находится в обоих случаях в пределах слабоокультуренной почвы. Хотя по агрохимическим показателям она соответствует требованиям к почвам средней окультуренности, но по степени устойчивости своих свойств она не должна к ним относиться. Вероятно, к параметрам, классифицирующим степень окультуренности, следует добавить и этот показатель – экологическая устойчивость, который, во-первых, интегрирует формальные показатели агрономических свойств почвы, во-вторых, более объективен. Наиболее показательным примером такой устойчивости служит сильноокультуренная почва на территории Чашниково. Эта почва обладает уникальными для нашей природной зоны свойствами. Такой высокий уровень показателей эта почва поддерживает постоянно в течение десятилетий, несмотря на все катаклизмы, когда в отдельные годы почву не только было нечем удобрять, но и нечего было сеять. Одну из причин такой устойчивости можно предположительно назвать: большое разнообразие различных форм гумуса в составе почвенной органики, что было выявлено при микроморфологических исследованиях (этот вопрос более подробно будет освещен в дальнейших публикациях). Роль разнообразия (не только в узком смысле биоразнообразия) в устойчивости экосистем несомненна.

Пример высокой устойчивости хорошо окультуренных почв можно привести по наблюдениям в Архангельской области. При поиске залежных почв мы нашли участок огородной почвы, который был заброшен хозяевами примерно 15 лет назад. Содержание гумуса в этой подзолистой почве было около 3,5%, признаков морфогенетически выраженной трансформации не обнаружено, что говорит о высокой степени устойчивости этой почвы. С другой стороны, на вновь вводимых в сельскохозяйственный оборот землях, расположенных недалеко от огородного участка, средние дозы вносимых в течение 4-6 лет удобрений и мелиорантов практически не привели к заметным изменениям

свойств почвы. Вероятно, на бывших целинных землях более рационально было бы сосредоточить усилия на окультуривании отдельных относительно небольших участков, чем расплывать усилия на окультуривание больших площадей, которые не дают устойчивого улучшения свойств почв. Была бы преодолена критическая точка, когда антропогенные факторы брали бы верх над естественными деградационными. Эти наблюдения подтверждают ранее высказанное мнение [6], что различные степени окультуренности почв следует относить к качественным, а не количественным грациям, где на первое место следует ставить экологическую устойчивость почв, а не формальные показатели их свойств. Способы оценки экологической устойчивости почв нуждаются в дальнейшей разработке и уточнении, но такую работу необходимо проводить.

*Таким образом, повышение продуктивности почв и улучшение их агрономически ценных свойств происходит в течение 3-5 лет после внесения или повышения доз ежегодно вносимых удобрений и мелиорантов. Почва длительное время может находиться в таком равновесном состоянии с факторами антропогенеза, если уровень агротехники в этот период не изменялся. При снижении уровня агротехники, или после снятия факторов антропогенеза (залежь и т.п.) начинается деградация почв, но этот процесс затягивается или его начало откладывается в зависимости от степени окультуренности почв – чем выше эта степень, тем выше устойчивость почвы к деградационным процессам. На некоторых почвах усилия по повышению их плодородия могут не дать ожидаемого эффекта вследствие недостаточной степени воздействия на нее антропогенных факторов, они не могут переломить деградационных процессов, вызванных естественными факторами среды. Экологическая устойчивость обрабатываемых почв должна учитываться при классификации их по степени окультуренности.*

**Литература**

1. Витязев В.Г., Макаров И.Б. Общее земледелие. – М.: МГУ, 1991. – 288 с.
2. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 343 с.
3. Ефремова Т.Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный. – М.: Русский язык, 2000. – 1233 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 221 с.
5. Комплексный метод преобразования дерново-подзолистых почв и его эффективность. – М.: МГУ, 1975. – 176 с.
6. Макаров И.Б. Плодородие и продуктивность почв: соотношение понятий // Плодородие, 2007, № 3. – С. 33-35.

## ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЛАНИРОВКИ

**П.Н. Балабко, д.б.н., В.Ф. Басевич, д.б.н., В.Г. Витязев, к.б.н., И.Б. Макаров, к.б.н.**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: basevictor@yandex.ru*

*Показана специфика формирования неоднородности каштановой почвы при проведении планировочных работ в условиях орошаемого земледелия. Дана оценка их качеству и особенностям морфологической организации новых почвенных профилей. Установлено, что их образование сопровождается возникновением горизонтов, имеющих по сравнению с целинным вариантом меньшую мощность, иную последовательность и состав слагающего их материала.*

**Ключевые слова:** каштановые почвы, планировка, неоднородность, педотурбации.

## CHANGES OF MORPHOLOGICAL FORMATION OF CHESTNUT SOIL DUE TO LAND PLANNING

*Dr.Sci. P.N. Balabko, Dr.Sci. V.F. Basevich, Ph.D. V.G. Vityazev, Ph.D. I.B. Makarov*

*Lomonosov Moscow State University, e-mail: basevictor@yandex.ru*

*The specificity of the formation of heterogeneity of the chestnut soil during the planning work in conditions of irrigation farming is shown. The estimation of their quality and peculiarities of morphological organization of new soil profiles is given. It's established that their formation is accompanied by emergence of the horizons having in comparison with a virgin variant smaller power, other sequence and structure of the material composing them.*

**Keywords:** chestnut soils, planning, heterogeneity, pedoturbation.

Выравнивание поверхности почв – одна из технологических операций при их обработке. Это диктуется стремлением создать относительно одинаковые условия для развития культурных растений с целью увеличения их урожайности. Особое значение имеет создание ровной, а иногда и строго горизонтальной поверхности при возделывании культур в условиях орошаемого земледелия. Из-за отсутствия планировки на орошаемых массивах снижается продуктивность использования поливной воды на 30-50% и как результат происходит недобор продукции [1]. Поэтому, для рационального и эффективного использования оросительных вод и применяемой при этом дождевальной техники необходимо проводить планировку почв, нарезание каналов для подачи воды. С точки зрения агроэкологии и почвоведения речь здесь уже идет о достаточно серьезном вмешательстве в функционирование почвенного компонента агроценоза, неизбежном при планировке поверхности мощными мелиоративными машинами и специальными почвообрабатывающими орудиями. При этом особенно сильному воздействию подвергается плодородный слой почвы, а в результате происходящих педотурбационных процессов изменяется соотношение генетических горизонтов почв и происходит перемешивание материала различных почвенных слоев. Существующие в настоящее время более тонкие и щадящие технологии планировки [2] не могут исключить серьезного вмешательства в жизнь почв и почвенного покрова в целом.

**Цель работы** состоит в изучении морфологической организации каштановых почв после планировки местности, проведенной для более эффективного и рационального использования оросительных вод.

**Объект и методы.** Исследования проводили на Быковской опытной станции Волгоградской области. Почвенный покров представлен каштановыми супесчаными пылеватыми почвами, развитыми на карбонатных породах. Изменения в почвенном покрове изучали путем сравнения неспланированных и спланированных под полив участков пахотных почв с их естественными аналогами. Методика изучения почвенного покрова предусматривала закладку траншей, разрезов, прикопок, а также бурение скважин. На спланированном участке были заложены две отличающиеся между собой площадки, на каждой отбирали образцы из 10 разрезов. Выбор места для площадок определяли исходя из визуальной оценки неоднородности почвенного покрова. Для сравнительного анализа был заложен разрез на целинной почве в лесополосе около спланированного участка поля. Почвенные образцы отбирали по почвенным горизонтам и послойно через каждые 10 см. Анализировали также гипсометрическую карту территории до и после планировки.

**Результаты и обсуждение.** Морфологический анализ строения каштановых почв обозначенных объектов обнаруживает существенные отличия между собой и характеризует при этом качество выполненных работ по планировке территории.

Прежде всего, обратим внимание на особенности морфологического строения каштановой почвы, находящейся длительное время в относительно ненарушенном равновесном с окружающей средой состоянии в лесополосе и принятой в качестве целинного аналога (рис. а). Верхняя, примерно полуметровая толща, представлена горизонтом А, который подразделяется на три подгоризонта А' (0-12 см), А'' (12-40 см), А''' (40-52 см), отличающихся между собой по мощности, цвету, плотности и структуре. Для удобства будем называть их вслед за Э.Ф. Корнблюмом [3] морфонами соответствующего горизонта. Общий каштаново-серый тон в морфоне А'', в отличие от вышележащего А', наполняется серебристым оттенком, возможно связанным с равномерной пропиткой почвенного материала карбонатами. Именно в пределах гор.А отмечается вскипание от 10% НС1 почвы с глубины 20 см. В морфоне А''' появляются палевые пятна и прожилки и еще редкие вкрапления карбонатов. В пределах этой толщи вниз по профилю структура меняется от порошисто-комковатой (комковато-пылеватой) до комковато-глыбистой и даже глыбистой. Плотность почвы также увеличивается в морфонах А'' и А''' по сравнению с А'. По гранулометрическому составу материал гор. А представляет собой супесь. Переходы между подгоризонтами ясные, границы ровные.

Горизонт В также подразделяется по ряду признаков на три морфона: В1 (52-81 см), В2 (81-100 см) и В3 (100-121 см). Его окраска сменяется от каштаново-палевой в морфоне В1 до светло-каштановой в В2 и В3. Структурные отдельности представлены комковато-призматическими образованиями в морфоне В1, ореховато-призматическими в В2 и менее выраженными комковатыми в В3. В данном горизонте отме-

чается большое скопление карбонатных новообразований в виде белоглазки (появляется уже ниже 52 см в морфоне В1), белесых пятен и светло-белесоватых пропиток, выцветов и мицелярных прожилок. Материал морфонов В1 и В2 очень плотный и по гранулометрическому составу представляет собой легкий суглинок. Почвенный материал нижележащего морфона В3 менее плотен, имеет супесчаный гранулометрический состав и характеризуется более низким содержанием карбонатов (единично встречается белоглазка, присутствуют выцветы). Переходы между морфонами ясные, границы относительно ровные.

Почвообразующая порода по сравнению с вышележащей толщей характеризуется более светлыми и однородными тонами в окраске – от белесовато-светло-каштановой в морфоне С1 (121-148 см) до белесовато-светло-палевой и светло-палевой в морфонах С2 (148-171 см) и С3 (171-185 см). Структуру в С1 и в С2 можно определить как порошисто-глыбистую и порошисто-комковатую, а материал морфона С3 отличается бесструктурностью. Если в С1 еще отмечается наличие карбонатов в виде отдельных белых пятен, то в С2 их почти незаметно, а в С3 они вовсе отсутствуют. Для материала морфонов С1 и С2 характерен супесчаный гранулометрический состав, а для С3 – песчаный. Переходы между морфонами ясные, границы ровные.

Выделяемый в профиле горизонт Д (185-205 см) характеризуется светло-палевой окраской (чуть темнее вышележащего С3), бесструктурностью, рыхлостью и песчаным гранулометрическим составом.

Почвенный покров неспланированных участков, площадь которых может составлять от нескольких десятков до сотен гектаров, изучали в траншее длиной 50 м и глубиной до 3 м. Установлено, что различия

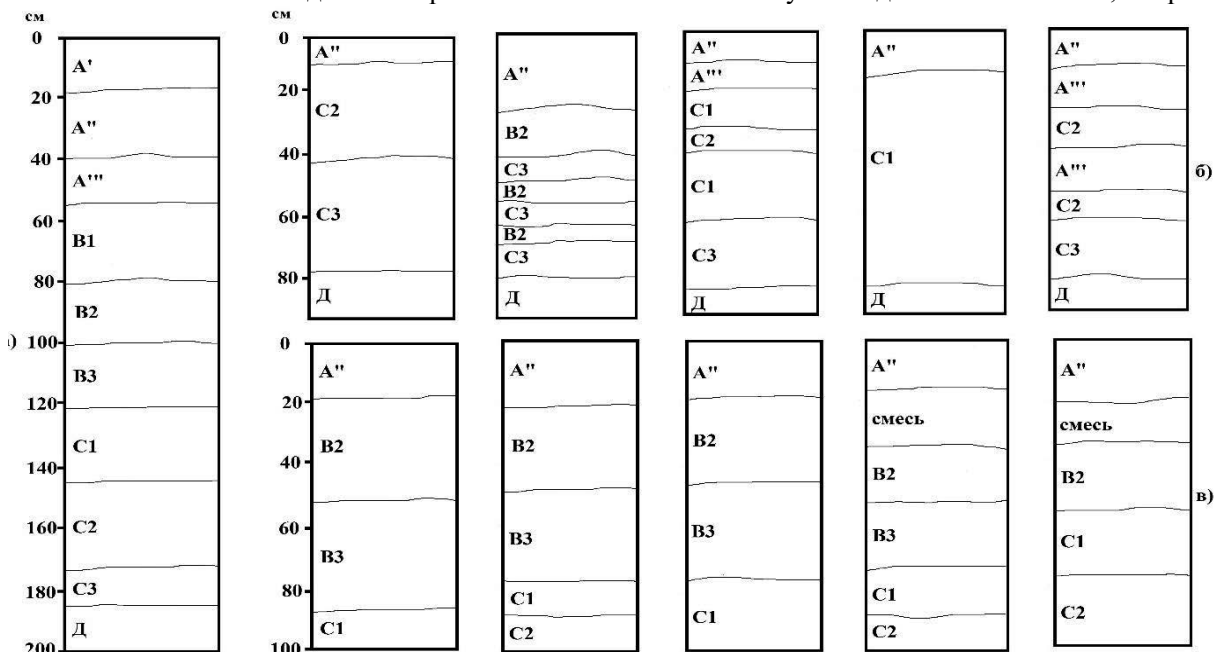


Рис. Морфологическое строение каштановой почвы: а) естественного сложения; б) после планировки (площадка № 1); в) после планировки (площадка № 2)

в мощности и глубине залегания отдельных почвенных горизонтов составляют максимум 5-7 см. Свойства слагающего их материала вдоль траншеи обладают высокой степенью однородности. Например, коэффициент вариации содержания гумуса (объем выборки 50) не превышает 5%. Такая степень однородности почвенного покрова обуславливается равнинным характером территории, фактическим отсутствием выраженных форм мезорельефа, высокой однородностью почвообразующих пород. По данным гипсометрической карты максимальный перепад высот составляет 1 м на 100 м поверхности, что в определенной мере связано с наличием микрорельефа.

После планировки формируется новый элементарный почвенный ареал [4], покров которого характеризуется чрезвычайно высокой неоднородностью слагающего его материала (рис. б и в). Несмотря на то, что технологически процесс планировки предусматривает предварительное снятие плодородного слоя почвы, его складирование в бурты с последующим равномерным распределением по уже выровненной поверхности, реальная обстановка обнаруживает значительное разнообразие в морфологической организации почвенных профилей на спланированной территории.

Для более детальной оценки почвенного покрова спланированных участков были заложены две площадки, позволяющие продемонстрировать различия в характере и качестве планировочных работ. Как видно из рисунка б (представлены наиболее характерные зарисовки профилей площадки № 1) на данном участке нарушенными оказываются почвенные горизонты до глубины 1,5-2,0 м. Под вновь нанесенным гумусовым слоем (материал морфона А") залегает материал различных генетических горизонтов и их смесей, в том числе и морфонов гор.С. Мощность возвращенного на место гумусового слоя сильно колеблется (от 10 до 40 см) и в среднем составляет около 20 см. В некоторых местах материал данного слоя может совсем отсутствовать, а на поверхность оказывается экспонированным материал нижележащих горизонтов вплоть до морфона С2. Причем его мощность достигает местами 15 см, и располагается он на перемешанном субстрате гор. А, глубина залегания которого в свою очередь может достигать 50 см. Такие светлые пятна на поверхности полей занимают от единиц до десятков квадратных метров, а на отдельных поливных полях (площадью 1 км<sup>2</sup>) составляют 10-15% территории. С увеличением глубины выделяются не тронутые при планировке морфон С3 и гор. Д. Можно утверждать, что на этом участке поля при планировке были срезаны морфон В1 (полностью) и частично морфон В2. Причем необходимо отметить, что далеко не всегда удается идентифицировать смесь материала различных генетических горизонтов и их морфонов вследствие сходно-

го гранулометрического состава, близких тонов в окраске и нарушения структурного состояния. В то же время отдельные точки характеризуются мало заметными прослойками, состоящими из материала морфона В2, а местами полным их отсутствием, когда на материале морфонов С1 и С2 залегает плодородный пахотный слой. Такая инверсия в залегании материала различных генетических горизонтов и их морфонов служит дополнительным аргументом в пользу невысокого качества выполненных работ по планировке территории. Сравнительный морфологический анализ спланированного и целинного участков показывает, что при планировке формируется усеченный почвенный профиль с близким залеганием материнской породы. Все это свидетельствует о невысоком уровне планировочных работ на данном участке сельскохозяйственного угодья, что сказывается в последующем на урожайности культур бахчевого севооборота. И особое неудобство вызывает в этом отношении спровоцированное неодновременное вызревание растений, что является одним из признаков пестрополя [5] и служит причиной недобора продукции.

При анализе морфологического строения почв спланированного участка № 2 (рис. в) видно, что в отличие от участка № 1, практически повсеместно остались нетронутыми морфоны С1 и С2. Почвенная масса насыпного плодородного слоя расположена, как правило, на материале морфона В2. Имеющиеся исключения, когда материал пахотного слоя оказывается покоящимся на материале морфона С1 или смеси материала различных горизонтов, отмечены всего в двух точках обследования. Глубина залегания гор. Д оказывается, в отличие от участка № 1, гораздо ближе к целинному аналогу. Характерной особенностью рассматриваемого участка поля является то обстоятельство, что срезка материала произведена не на столь большую глубину, как на предыдущем участке. В то же время морфологический анализ показывает, что во многих точках опробования отмечается присутствие смеси материала морфонов гор. А и морфона В1, а глубина этого перемешивания не превышает 50 см. Это подтверждается и тем, что на всей обследованной площадке в почвенных профилях фактически полностью отсутствует морфон В1. Возможно, это связано с исходной маломощностью данного горизонта и последующим хорошим перемешиванием при планировке с материалом других горизонтов. Не исключено также, что некоторая часть материала этого горизонта была использована во время мелиоративных работ при строительстве вала. Морфон В2 на отдельных участках поля сохранился полностью, а на некоторых в значительной степени перемешался с материалом других горизонтов. При планировке данного участка поля местами был затронут и морфон С1, что указывает на непостоянство в этих местах глу-

бины среза почвенной массы, а также на возможное наличие внутреннего микрорельефа, приводящего к подобному результату.

Обобщая представленные данные, следует сказать, что в целом планировка орошаемого участка поля (с учетом результатов обследования по обеим площадкам) сопровождается существенным изменением естественного строения почвенного покрова и характеризуется, по сравнению с целинным аналогом, повсеместным уменьшением мощности плодородного слоя и частичным перемешиванием его с материалом нижележащих горизонтов. Это обстоятельство не может не приводить к общему снижению плодородия рассматриваемых почв, тем более что в некоторых местах гумусовый слой вообще отсутствует, и на поверхности выделяются пятна с материалом нижележащих горизонтов. Во многих почвенных разрезах на спланированном участке поля отмечается слабое вскипание от 10% HCl уже с поверхности. Отрицательные последствия планировки сказываются и в неодинаковости для разных точек опробования глубин срезов и мощности насыпанного материала. В итоге неравномерность в нанесении и распределении плодородного слоя, располагающегося зачастую на материале исходно глубоко залегаемых горизонтов, может приводить к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и не давать положительного результата в течение нескольких последующих после планировки лет [6]. Отмеченное обстоятельство усугубляется еще и тем, что мощность насыпанного материала оказывается значительно меньше мощности прежде снятого гумусового слоя. Зависит это также и от особенностей баланса в распределении земельных масс, возникающих в связи с различиями при срезах грунта на повышенных элементах рельефа и его использования для засыпки депрессивных участков поля. Необходимо при этом учитывать и возможные потери плодородного слоя при транспортировке, а также дополнительную потребность в нем в случае переуплотнения материала насыпки, что в результате приводит к увеличению профильной глубины срезки [7].

Средние величины срезки и насыпки материала по всему участку поля еще не дают полного представления о степени изменения почвенного покрова спланированной поверхности. Для этого необходимо дополнительно установить характер распределения площади срезов и насыпки по мощности. Исходя из мощности и глубин залегания генетических горизонтов в целинном аналоге, можно утверждать, что основная часть площади срезки пришлась на глубину 60–90 см, хотя в отдельных местах это было значительно глубже (как минимум 1,5 м). С другой стороны нельзя исключать, что в результате предыдущей хозяйственной деятельности человека, а также процессов ветровой и водной эрозии почвы данного местоположения могли иметь несколько уко-

роченный профиль по сравнению с целинной почвой уже к моменту проведения планировочных работ.

Прошедшего после планировки времени оказывается недостаточно, чтобы в почвах спланированных участков на морфологическом уровне проявились черты зонального типа почвообразования. Скорее всего такому проявлению препятствует сам характер использования изученных почв в системе поливного земледелия. Вместе с тем известно, что на поливных каштановых почвах на практике чаще наблюдается именно ухудшение ряда почвенных свойств [8]. Отчасти это подтверждается и нашими наблюдениями, когда на участках, затрагиваемых поливом, но находящихся вне севооборота, отмечалось подтягивание к поверхности карбонатов и других солей.

**Таким образом, в результате планировочных работ, направленных на подготовку поверхности каштановых почв для их использования в системе поливного земледелия, происходят существенные изменения в почвенном покрове территории и морфологической организации характеризующих его серии новых почвенных профилей. Представленный материал свидетельствует о далеко не всегда качественном исполнении планировочных работ, что формирует негативный фон для дальнейшего использования рассматриваемых почв в сельскохозяйственном производстве. Поэтому необходимо уделять значительно большее, чем это бывает на практике, внимание к качеству выполнения планировочных работ.**

#### Литература

1. Зимовец Б.А. Улучшение использования орошаемых земель в Поволжье на основе мелиорации / К вопросу изучения почвенных процессов в староорошаемых районах Нижнего Поволжья. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1974. – С. 81–85.
2. Ефремов А.Н. Лазерная планировка орошаемых земель. – М.: ООО «Литера Принт», 2016. – 52 с.
3. Корнблом Э.Ф. Основные уровни морфологической организации почвенной массы // Почвоведение, 1975, № 9. – С. 36–48.
4. Фридланд В.М. Структуры почвенного покрова мира. – М.: Мысль, 1984. – 235 с.
5. Басевич В.Ф., Тетенькин В.Л. Неоднородность подзолистых почв и пестрополье // Вестник МГУ, серия 17, Почвоведение, 2010, № 2. – С. 35–42.
6. Филимонова В.А. Особенности производства планировочных работ в условиях Волго-Ахтубинской поймы // Труды Волгоградской опытно-мелиоративной станции, 1968, вып. 3. – С. 388–389.
7. Филимонова В.А. Оценка мелиоративного состояния орошаемых земель Волгоградской области // Труды Волжского НИИ орошаемого земледелия, 1975, вып. 3. – С. 207–208.
8. Гаврилов А.М. Плодородие почвы и урожай: (Повышение плодородия почвы Нижнего Поволжья). – Волгоград: Нижне-Волжское книжное издательство, 1989. – 334 с.

## ФОРМИРОВАНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В НЕОДНОРОДНОМ ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ

**В.М. Гончаров**, д.б.н.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: vmgoncharov@mail.ru

*Физические свойства почв Владимирского ополья характеризуют комплексный почвенный покров как «мозаичное», неоднородное по функционированию образование со сложной агрофизической картиной, обусловленной как педогенетическими, так и агротехнологическими причинами. Результаты детальных исследований в трансекте позволили выявить особенности их латерального распределения и основные закономерности формирования водно-воздушного режима почв. Почвы со вторым гумусовым горизонтом достоверно выделяются из общего массива исследуемых почв лучшими агрофизическими показателями. Отмеченные закономерности пространственной агрофизической картины ландшафта играют важную роль в процессах перераспределения влаги в профиле и, соответственно, ее доступности для растений. Результаты исследований легли в основу прогнозного расчета водно-воздушного режима с помощью математической модели. Комплексный количественный показатель, основанный на вероятностной агрофизической оценке режима, подтвердил, что наилучшие условия свойственны серым лесным почвам со вторым гумусовым горизонтом. Им принадлежит доминирующая роль в формировании пространственной агрофизической картины исследованной территории, их положение в агроландшафте имеет определяющее значение в формировании водно-воздушного режима и, в конечном счете, урожайности культур.*

**Ключевые слова:** пространственная неоднородность, физические свойства, агрофизические условия, почвенный покров, водно-воздушный режим, урожайность.

### FORMATION OF AGROPHYSICAL CONDITIONS AT HETEROGENIC SOIL SURFACE

**Dr.Sci. V.M. Goncharov**

Lomonosov Moscow State University, e-mail: vmgoncharov@mail.ru

*Physical properties of soils Vladimir Opolie characterize a complex soil cover as education, «mosaic», non-uniform on functioning, with the difficult agrophysical picture caused by both the pedogenetical and agrotechnological reasons. Results of detailed researches in a transect have allowed to reveal features of their lateral distribution and the main regularities of formation of the water-air mode of soils. Soils with the second humic horizon are authentically allocated from the general massif of the explored soils with the best agrophysical indicators. Noted regularities of a spatial agrophysical picture of a landscape play an important role in processes of redistribution of moisture in a profile and, respectively, its availability to plants. Results of researches have formed the basis of expected calculation of the water-air mode by means of mathematical model. The complex quantitative index based on probabilistic agrophysical assessment of the mode has confirmed that the best conditions are peculiar to gray forest soils with the 2<sup>nd</sup> humic horizon. They possess the dominating role in formation of a spatial agrophysical picture of the explored territory, their situation in an agrolandscape has the defining value in formation of the water-air mode and, eventually, productivity of cultures.*

**Keywords:** spatial heterogeneity, physical properties, agrophysical conditions, soil cover, water-air mode, productivity.

Проблема неоднородности почв и почвенных свойств привлекает большое внимание почвоведов и практиков в связи с развитием точного земледелия «high-tech sustainable agriculture». В основе современных агротехнологий лежит знание и учет пространственной вариабельности основных характеристик каждого конкретного поля, т.к. неоднородность почвенного покрова служит основной причиной

значительного варьирования условий для роста и развития растений. Важную роль при этом играет физическое состояние почв, т.к. именно физические свойства, формируя водно-воздушный и питательный режимы, зачастую становятся лимитирующим фактором плодородия. Исследователи [1, 2] отводят им также основополагающую роль в формировании почвенного покрова, при котором процессы перено-

са и трансформации почвенных частиц определяют водно-физическими условиями.

Существующие методы агрофизического обследования территории проводятся по ключевым точкам с последующей пространственной экстраполяцией на контур почвенной карты, предполагая скачкообразный характер изменения свойств почвы на его границах. Такое разделение является искусственным и совершенно не учитывает поведение и распределение свойств в почвенном пространстве, их непрерывность и латеральность. При этом возникают вопросы соответствия закономерностей распределения почвенно-генетических свойств особенностям пространственного варьирования физических свойств [3]. К тому же, подобный подход не учитывает изменений физических свойств в ландшафте, которые являются результатом не только почвенно-генетических, но и разнообразных технологических, агрохимических и других воздействий. Следовательно, необходимо иметь непрерывную латеральную картину почвенного покрова, для ее характеристики. Для этого необходим географически определенный экспериментальный массив данных по почвенным свойствам, где наряду с традиционной генетической информацией представлены и основные свойства почв (гранулометрический состав, содержание органического вещества, плотность почвы, почвенно-гидрологические константы, емкость катионного обмена и др.).

**Цель исследования** – детальная характеристика агрофизического состояния и неоднородности комплекса серых лесных почв Владимирского ополья.

Исследования проводили на участке опытного поля Владимирского НИИСХ. Почвенный покров Ополья слагается серыми лесными почвами, серыми лесными почвами разной степени оподзоленности, серыми лесными остаточными-карбонатными, а также серыми лесными средне- и сильнооподзоленными почвами с вторым гумусовым горизонтом.

Для оценки педогенетических процессов на уровне, позволяющем исследовать основные элементы почвенного покрова, различия свойств между почвами, горизонтами, внутри горизонтов, был применен метод длинномерных (до 50 м) трансект, вдоль которых подробно, с шагом опробования 20–40 см изучали морфологию почвенных горизонтов и определяли основные физические свойства – плотность почвы, влажность почвы, соответствующая НВ, коэффициент фильтрации и сопротивление пенетрации. Были получены результаты для глубин 0 см, 10, 20, 30, 40, 50 см, что позволило охарактеризовать состояние основной части корнеобитаемого слоя.

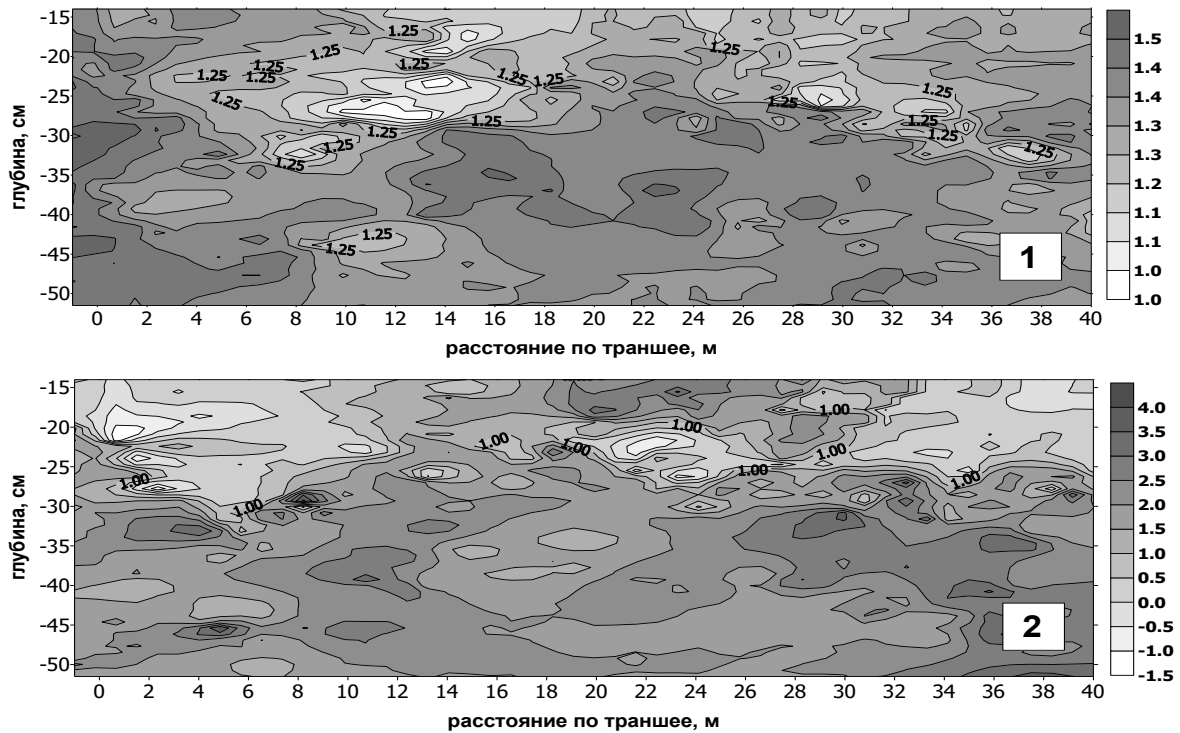
**Результаты и обсуждение.** В трансектах следует отметить положение почв с вторым гумусовым горизонтом: они выделяются не только визуально, по морфологическим признакам, но и совершенно определенно по физическим свойствам – имеют

низкую плотность за счет высокого содержания гумуса и сохраняют эти отличия даже в пахотном слое, подверженном интенсивному антропогенному воздействию и перемешиванию (рис. 1). К этим участкам трансекты приурочен повышенный коэффициент потенциальной проводимости (отношение логарифма водопроницаемости (мм/мин) к общей пористости ( $\text{см}^3/\text{см}^3$ )), имеющий выраженное направление в глубину почвенного профиля. Такое распределение указывает на явную тенденцию к вертикальному передвижению влаги в этой зоне. По всей остальной протяженности профиля на глубине 20–25 см заметно формирование уплотненной «плужной подошвы», которая имеет низкую проводимость и служит определенным «экраном», препятствующим стоку влаги в нижележащие слои.

Сложность и комплексность почвенного покрова определяет и неоднородность распределения физических свойств, формирующих условия массо- и энергообмена в агроландшафте. Например, формирование уплотненного подпахотного горизонта под влиянием длительной сельскохозяйственной обработки приводит к горизонтальной слоистости свойств из исходно вертикальной организации почвенного профиля. Такая слоистость в распределении почвенно-физических свойств не является непрерывной, а определяется генетическим происхождением слагающих почвенного покрова. Трансектные исследования позволяют проследить, как в случае появления почв с вторым гумусовым горизонтом этот уплотненный слой уменьшается или исчезает совсем. На этих участках возможно преобладание вертикальных потоков влаги [4], и они могут играть роль естественных дренажей при формировании водного режима агроландшафта. Такое распределение физических свойств характеризует почвенный покров, как «мозаичное», неоднородное по функционированию образование со сложной агрофизической картиной, обусловленной как педогенетическими (наличие второго гумусового горизонта, чередование горизонтов и др.), так и агротехнологическими причинами (особенности обработки, формирование «плужной подошвы» и др.).

Агрофизическая неоднородность проявляется не только вследствие разнообразного сочетания морфологических горизонтов, но и на уровне морфологического горизонта, когда в нем могут наблюдаться зоны, различающиеся по физическим свойствам.

В большинстве используемых сегодня подходов агрофизическую оценку почвы проводят по ее свойствам. В то же время реальную «жизнь» почвы можно представить на основе ее режимов, определяющих условия роста растений и, в конечном счете, урожай. Поэтому в рамках развития ландшафтных принципов в современной агрофизике было предложено использовать такие показатели, которые характеризовали бы почву по изменяющи-



**Рис. 1. Топоизоплеты (1) плотности почвы ( $\text{г/см}^3$ ) и (2) коэффициент потенциальной проводимости в трансекте серых лесных почв Владимирского Ополя**

мися во времени условиям, – в первую очередь, содержанию влаги и воздуха, т.е. по водно-воздушному режиму.

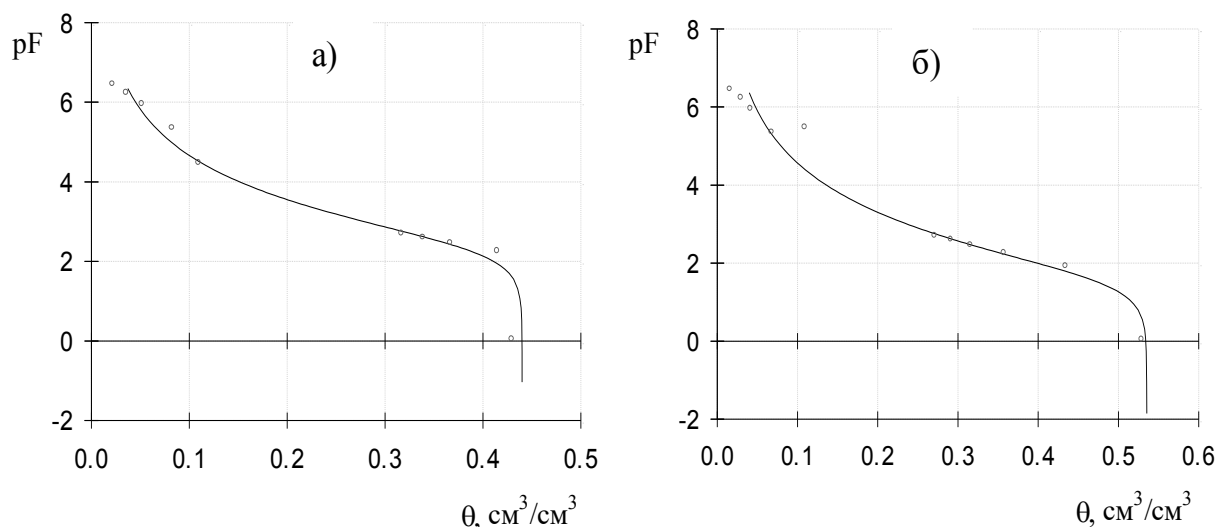
Режимные наблюдения длительны и трудоемки, поэтому целесообразно применение прогнозных расчетов с помощью математических моделей, для которых в качестве основы используют экспериментально определяемые физические свойства почвы: плотность, водопроницаемость, предельная полевая влагемкость (ППВ или НВ), зависимость давления почвенной влаги от влажности (ОГХ) и др.

Задавая в этих моделях внешние исходные условия (осадки, испарение, отток), можно прогнозировать изменения влажности (или давления влаги), т.е. сделать прогнозный режимный расчет. Этот подход позволяет рассчитать элементы режима и дать агрофизическую оценку для каждой точки поля. Имея агрофизическую характеристику по всем точкам опробования в виде экспериментальных послойно определенных свойств, а также ОГХ и функции влагопроводности, появляется возможность выделить зоны, различающиеся по физическим основам почвенного плодородия, количественно охарактеризовать агрофизические свойства для сельскохозяйственного поля в целом.

Анализ ОГХ фоновых серых лесных почв и почв с вторым гумусовым горизонтом (рис. 2) указывает на основную тенденцию – к большей водоудерживающей способности второй почвы. Это связано с высокой пористостью и повышенным содержанием органического вещества в почвах с Ah – в горизонте  $A_{\text{пах}}$ . серой лесной почвы плотность составляет –

1,48  $\text{г/см}^3$ , а в почве с вторым гумусовым горизонтом – 1,22  $\text{г/см}^3$ . В рыхлых почвах больше объем крупных пор и пустот, а в уплотненных при уменьшении общего объема порового пространства начинают преобладать более тонкие капиллярные. Соответственно уменьшается и объем рыхлосвязанной и легкоподвижной влаги, удерживаемой в крупных порах, находя отражение в виде смещения кривых водоудерживания влево, в область меньших значений. Полученные результаты исследований физических свойств и водоудерживающей способности почв составили основу для математического моделирования водно-воздушного режима. Для расчетов применяли физически обоснованную математическую модель HYDRUS, где в качестве экспериментальной основы используют гидрофизическую характеристику и функцию влагопроводности [5].

Чтобы использовать прогнозный расчет для сравнительной агрофизической оценки почв необходимо стандартизировать начальные и граничные условия. Равные «стартовые» условия расчета позволяют выявить влияние составляющую, обусловленную собственно свойствами почв, их сложением, мощностью и чередованием слоев, фильтрационными свойствами, а не внешними факторами – дефицитом или избытком атмосферных осадков. Динамика влажности показала в серых лесных почвах к концу 12-дневного межполивного периода заметное иссушение верхних слоев, практически не затрагивающее нижнюю часть профиля. В серой лесной почве с вторым гумусовым горизонтом на глубине 30-50 см проявляется своеобразный слой – влагона-



**Рис. 2. ОГХ образцов пахотного горизонта участка Владимирского ополя:**  
**а) серые лесные, б) серые лесные с Ah**

копитель, соответствующий положению в профиле Ah, о повышенной влагоемкости которого уже свидетельствовали вышеприведенные экспериментальные данные. Его физические свойства существенно улучшают влагообеспеченность растений, снижая вероятность иссушения до 0.

Поскольку основные изменения влажности происходят в верхних слоях почвы, в так называемом деятельном слое, большое значение при оценке режима имеет мощность расчетного слоя, учитывающая вид сельскохозяйственных культур и агротехнологии. Для условий гумидной зоны при выращивании трав и поливных культур с развитой корневой системой расчетный слой принимают 30-50 см.

Запасы влаги, наряду с воздухосодержанием, служат важными составляющими водно-воздушного режима почв. На этих показателях и основаны критерии оценки агрофизических условий, когда в качестве «критических» порогов предложены: (1) воздухосодержание менее 10% от общего объема пор, как появление недостатка воздуха, и (2) влажность менее 70% НВ, как начало недостаточного увлажнения. Можно использовать и «критические» значения давления влаги: (1) давление барботирования – 10 см водного столба, как условие переувлажнения, и (2) «критическое» давление, при котором начинает проявляться недостаток влаги и снижается транспирация растений -500-600 см водного столба [6].

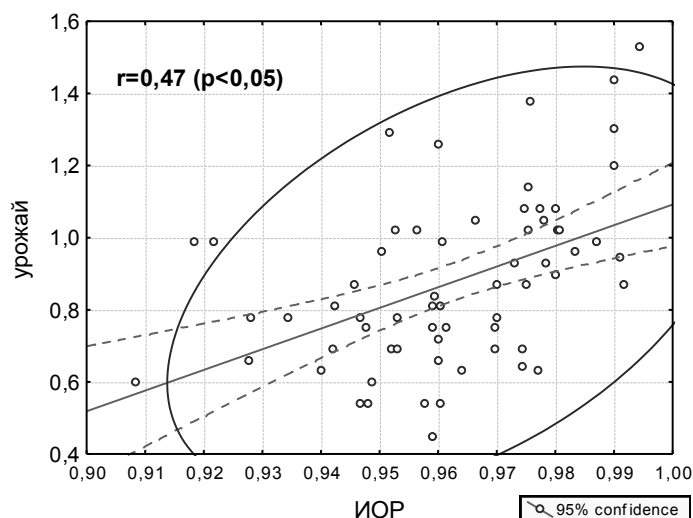
Агрофизическую оптимальность целесообразно оценивать продолжительностью «благоприятных» периодов или вероятностью их появления в расчетном цикле. Чем она (вероятность) больше, т.е. больше длительность благоприятных периодов, тем лучше агрофизическое состояние почвы. При этом учитывается влагосодержание всей расчетной тол-

щи в виде суммарных запасов влаги, что позволяет характеризовать не отдельные почвенные слои, а функционирование профиля в целом.

Переувлажнение, с наибольшей вероятностью (0,08) возникающее в серых лесных и серых лесных слабо- и среднеподзоленных почвах, обусловлено их невысокой водопроницаемостью. Длительность засушливых периодов в расчетном цикле гораздо меньше, вероятность их появления не более 0,01, их максимальные значения также характерны для серых лесных и серых лесных слабоподзоленных почв. Это следствие уплотнения, при котором сокращается объем крупных пор. При высокой плотности, обладая сетью преимущественно тонких пор и, следовательно, большей проводимостью именно в области низких значений влажности, уплотненные почвы по капиллярам легко проводят влагу к верхним слоям, где та быстро испаряется [7]. Такие иссушенные участки могут выделяться в почвенном покрове и негативно влиять на влагообеспеченность культур [8].

Количественной характеристикой может служить показатель, учитывающий вероятность появления неблагоприятных периодов. Например, «индекс оптимальности режима»,  $ИОР = ([100-P_1][100-P_2])^{1/2}$ , где  $P_1$  и  $P_2$  – вероятности недостатка влаги и воздуха, соответственно. Этот показатель, базирующийся на основных физических свойствах почвы, отражает реальные условия роста и развития растений и служит комплексной агрофизической оценкой.

Индекс ИОР, как комплексный количественный показатель, подводя итог вероятностной агрофизической оценке, подтвердил, что наилучшие условия приурочены к контурам серых лесных почв с вторым гумусовым горизонтом (0,98), а минимальные его значения отмечены в серых лесных почвах (0,91).



**Рис. 3. Диаграмма рассеяния и коэффициент корреляции урожайности (относительные единицы) и ИОР на участке исследования**

При увеличении расчетного слоя различия в значениях ИОР снижаются, но отмеченная дифференциация сохраняется.

Следующим вполне закономерным шагом стало нахождение зависимости урожая растений от величины ИОР в почвенных разностях, которая подтверждается статистическими показателями варьирования. Наблюдаемая, достоверная связь между урожаем, приведенным относительно средних значений, и значениями ИОР (рис. 3), имеет естественный разброс и невысокий коэффициент корреляции (0,47), что связано с влиянием на урожай не только режима водно-воздушных условий роста растений, но и питательного (удобрения), и теплового, а также других факторов. Их многообразии и привело, к невысокой корреляционной связи урожая в конкретные годы со стандартизированным

агрофизическим показателем ИОР. Следует отметить, что характеристика агрофизических условий по величине ИОР не является абсолютной. Она может измениться, если задавать для расчетного периода засушливые или, напротив, излишне влажные условия, различную мощность расчетного слоя и другие условия, которые могут изменяться в зависимости от целевого назначения исследований. Однако сам подход, основанный на выявлении пространственного распределения физических свойств почв, соотношении этого распределения с расположением почвенных контуров в пространстве и прогнозной оценке агрофизических условий – это подход для обоснования, проведения и интерпретации данных по полевым масштабным экспериментам и научная основа для разработки агроландшафтных систем земледелия.

*Таким образом, получение пространственно-распределенной агрофизической информации и комплексных показателей, аккумулирующих в себе характеристики водно-воздушного режима почв, дают возможность оценить агрофизические условия в пределах изучаемого ландшафта. Использование именно такого рода агрофизических подходов дает возможность применить современные взгляды и методы агрофизики к развиваемым методам ландшафтного земледелия.*

#### Литература

1. Бондарев А.Г. Физические свойства почв как теоретическая основа прогноза их уплотнения / Влияние сельскохозяйственной техники на почву. – М.: Наука, 1981. – С. 80-85.
2. Дмитриев Е.А. К методологии и техники разделения объектов на две группы // Вестник Московского университета, серия 17, Почвоведение, 1993, № 1. – С. 15-19.
3. Дмитриев Е.А. К проблеме неоднородности почв почвенного покрова. Теоретические и методологические проблемы почвоведения. – М.: ГЕОС, 2001, – С. 100-116.
4. Шеин Е.В., Умарова А.Б., Кирдяшкин П.И., Самойлов О.А. Преимущественные потоки влаги в структурных суглинистых почвах / Proc. Int. Conf. «Soil Science – Base for sustainable Agriculture and Environment Protection», 2007, Sofia, Bulgaria. ПъблишСайСет-Еко», Part 1. – pp. 113-115.
5. Бенинг В.Е., Гончаров В.М. Использование методов математического моделирования для агрофизической оценки почвенного покрова // Вестник Тверского государственного университета, Сер. Прикладная математика, 2010, № 9, вып. 1(16). – С. 43-54.
6. Судницын И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 348 с.
7. Шеин Е.В., Гончаров В.М. Особенности гидрологического режима почвы в зонах технологической колеи // Вестник Московского университета, серия 17, Почвоведение, 1991, № 2. – С. 35-39.
8. Гончаров В.М., Тымбаев В.Г., Фаустова Е.В. Латеральная изменчивость агрофизического состояния комплексного почвенного покрова // Почвоведение, 2008, № 10. – С. 54-63.

## О ФОРМИРОВАНИИ ГЛУБОКОГУМУСНЫХ ПОЧВ (посвящается Л.О. Карпачевскому)

<sup>1</sup>Т.А. Зубкова, д.б.н., <sup>2</sup>Ю.Н. Ашинов, д.б.н.

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: dusy.taz@mail.ru

<sup>2</sup>Майкопский государственный технологический университет, e-mail: unus.n@mail.ru

*Рассматривается роль факторов почвообразования в накоплении органического вещества в нижних горизонтах глубокогумусных почв: почвообразующая порода, корни, окисление и иллювирирование гумуса. Формирование глубокогумусных черноземов, бурых лесных и серых лесных почв происходит в результате аллохтонного приноса материала ветром или водой. Почва при этом нарастает кверху, увеличивая мощность гумусового горизонта.*

**Ключевые слова:** *глубокогумусные почвы, содержание углерода в почвах и породах, «нормальные» и «анормальные» почвы, корни растений, почвообразование на курумах.*

### ABOUT FORMATION OF DEEP-HUMUS SOILS (dedicated to professor L.O. Karpachevsky)

<sup>1</sup>Dr.Sci. T.A. Zubkova, <sup>2</sup>Dr.Sci. Yu.N. Ashinov

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, e-mail: dusy.taz@mail.ru

<sup>2</sup>Maikop State Technological University, e-mail: unus.n@mail.ru

*The role of soil formation factors in the accumulation of organic matter in the lower horizons of deep humus soils is considered: soil-forming rock, roots, oxidation and illuviation of humus. The formation of deep humus chernozems, brown forest and gray forest soils occurs as a result of allochthonous transfer of material by wind or water. The soil thus grows upward, increasing the thickness of the humus horizon.*

**Keywords:** *deep humus soils, carbon content in soils and rocks, «normal» and «abnormal» soils, plant roots, soil formation on kurums.*

Почвы с мощным гумусовым горизонтом, превышающим по протяженности 40 см, широко распространены в почвенном покрове планеты. К ним относят черноземы, темно-серые и, частично, бурые лесные почвы, поливные почвы оазисов, пойменные луговые почвы и намытые почвы подножий склонов. Образование почв оазисов, аллювиальных и намытых у подножий склонов происходит в результате поступления мелкозема с водой (поливной, речной, стока по склону). Но формирование черноземов, темно-серых лесных и, особенно, горных глубокогумусных почв требуют разъяснения, поскольку теория «нормального» образования черноземов стала особенно противоречивой при расширении палеогеографических и палеопочвенных работ [1, 2 и др.]. Знание механизмов и факторов формирования мощного гумусового профиля актуально и по причине усиливающейся деградации черноземов. Профессор МГУ им. М.В. Ломоносова Лев Оскарович Карпачевский изучал различные почвы с мощным гумусовым профилем и пришел к неординарным выводам о процессах их образования, а также показал, что после деградации сами они никогда не восстановятся. Поэтому вопрос о формировании глубокогумусных почв заслуживают более внимательного рассмотрения.

**Цель представленной работы** – анализ факторов формирования глубокогумусных почв и оценка их роли в аккумуляции гумуса в нижних почвенных горизонтах.

**Распространение глубокогумусных почв.** Почвы с мощным гумусовым горизонтом, превышающим по протяженности 40 см, широко распространены в почвенном покрове планеты. К этим почвам относят темно-серые и, частично, бурые лесные почвы, черноземы, поливные почвы оазисов, пойменные луговые почвы и намытые почвы подножий склонов. Темно-серые почвы и черноземы создают почвенный покров лесостепи и степи (умеренно-теплый пояс). Бурые лесные почвы распространены в горах под лесами из разных пород (в Европе – под буковыми, грабовыми, дубовыми лесами, в Азии – под кедром, лиственницей, пихтой, дубами, липой). При этом разные варианты бурых лесных почв встречаются в горах от Урала до Кавказа и от Карпат до Сихотэ-Алиня, включая Алтай, Саяны и Прибайкалье. Оазисные почвы, долгое время бывшие в сельскохозяйственном использовании, распространены в субтропических и тропических пустынях и образовались в результате многовекового их орошения водами, содержащими илестые частицы. Пойменные луговые почвы, с

определенными зональными различиями, как и намывные почвы подножий склонов, встречаются во всех природных зонах [3]. Однако торфяники и торфяно-глеевые почвы не относятся к глубокогумусным, поскольку торф представляет собой совершенно другой, по сравнению с гумусом, органический материал.

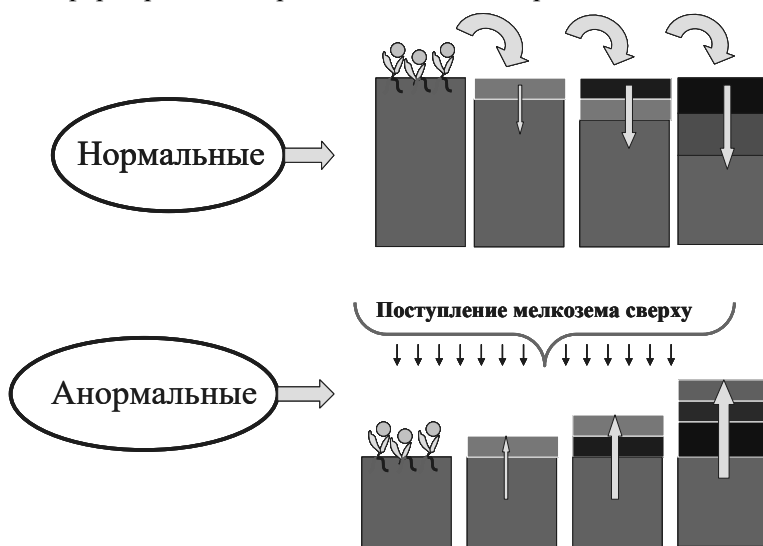
**Основные свойства глубокогумусных почв.** Характерная черта глубокогумусных почв – высокое содержание гумуса в верхнем слое почвы и равномерное уменьшение количества гумуса с глубиной. На глубине 40 см в этих почвах содержится больше 1% гумуса от массы почвы. Обычно эти почвы обладают слабокислой и нейтральной реакцией среды (рН 5-7). Карбонатные глубокогумусные почвы имеют рН 8,3 [4]. Гумус улучшает физические свойства почв на всю глубину гумусового горизонта. Он уменьшает плотность, увеличивает водопроницаемость и пористость, что способствует более глубокому проникновению корней в почву. Глубокогумусные почвы обладают высоким естественным плодородием. Однако роль гумуса более глубоких горизонтов в урожае растений не учитывали и не изучали. Поэтому данные о роли гумуса верхних горизонтов нельзя автоматически переносить на глубокогумусные почвы.

**Образование глубокогумусных почв.** В.В. Докучаев выделял почвы «нормальные», «анормальные» и «переходные» [5]. К первым он отнес те почвы, которые начинают формироваться на поверхности горной породы, постепенно углубляясь вниз. «Анормальными» он назвал почвы, на поверхность которых постоянно поступает субстрат, чаще всего мелкозем, и почва нарастает кверху (рис. 1). Переходные включают оба процесса. Н.М. Сибирцев в своем курсе почвоведения заменил одни понятия на другие – это «нормальные» и «анормальные» почвы по Докучаеву на зональные и азональные [6]. В результате естественные почвы, «анормальные» по Докучаеву, выпали из последующего внимания почвоведов. К тому же современник В.В. Докучаева и Н.М. Сибирцева П.А. Костычев предположил, что формирование черноземов связано с проникновением

корней в горную породу, перегнивания их там и образования таким путем глубокогумусных почв [7, 8]. Однако предкавказские черноземы имеют мощность гумусированного слоя до 2 м, а корни растений в этих почвах формируют такую же систему, как и в менее мощных черноземах. Л.О. Карпачевский поставил при этом простой вопрос: глубокое гумусирование определяется проникновением корней, или само глубокое гумусирование способствует глубокому проникновению корней, делая почву более рыхлой?

**Особенности распределения гумуса в природе и почве.** Профессор Л.О. Карпачевский считал, что почвы с мощным гумусовым профилем относятся к группе «анормальных» почв. Доказательства «анормального» пути развития глубокогумусных почв построены на оценке роли современных факторов почвообразования в накоплении органического вещества в нижних горизонтах, что позволяет ответить на вопрос, каким образом гумус накапливался в нижних почвенных горизонтах? Существует несколько причин такого его распределения по профилю почвы: 1) почвообразующая порода содержала исходное количество углерода; 2) углерод в подгумусовых слоях образуется при перегнивании корней; 3) подпочвенные горизонты прошли ранее стадию почвообразования, и современное содержание углерода в них – это его остаточное количество после окисления гумуса; 4) небольшое содержание *C* в нижней толще почвы связано с иллювиацией гумуса. Рассмотрим все причины по порядку.

1. Анализы самых разных почв подтверждают, что исходные почвообразующие породы содержат органическое вещество. Так, в дерново-подзолистых почвах Московского региона содержание гумуса в ряде случаев уже на глубине 30 см становится близким по содержанию к кларку *C* в осадочных породах (табл. 1). Современное проникновение органического вещества в почву в среднем не превышает 40 см. Животные могут перемешивать почву, делать ходы, в которые потом осыпается материал гумусового горизонта. Но такие образования локальны и хорошо видны на стенке почвенного разреза. В лесах и парцеллах из лиственных пород деревьев (например, в дубовых) проникновение органического вещества несколько глубже, чем в еловых парцеллах, но все равно содержание *C* в



**Рис. 1. Схема почвообразования «нормальных» и «анормальных» почв**

### 1. Содержание углерода, % от массы субстрата, на разных глубинах среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах Малинского лесничества Московской области [9]

Тип parcelлы	Глубина, см				
	0-10	10-20	20-40	40-50	50-80
Дубово-медуничная	2,75	1,20	0,59	0,18	
Елово-волосистоосоковая	2,23	1,04	0,48	0,19	
Дубово-снытевая		0,47	0,23		0,24
Елово-разнотравная	2,87	0,70	0,18		0,22
Дубово-разнотравная			0,21	0,25	
Елово-пролесковая	3,26	0,29		0,20	0,21
Дубово-волосистоосоковая		0,76			0,31
Елово-зеленомошная	1,46	0,48	0,19		
Елово-мшистая		0,18		0,17	0,26
Елово-липовая	0,25	0,21	0,24		
Хвощовая	0,82	0,65	0,25		

### 2. Особенности распределения гумуса в горных породах

Порода	Содержание С, %
Каменные метеориты	0,04
Ультраосновные и основные изверженные породы (дуниты, габбро, базальты)	0,01
Средние (диориты, андезиты), кислые (граниты, гранитоиды) изверженные породы	0,02
Осадочные породы (глины, сланцы)	<1 (в среднем 0,1-0,6)
Углистые хондриты	3,4
Моренные суглинки, лессы	0,3-0,5
Лунный грунт, реголит	0,06-0,23

этих горизонтах близко к кларку С в осадочных породах [9, 10]. Следует отметить, что все леса Подмосковья прошли стадию сельскохозяйственного использования, что легко обнаруживается по следам бывшего пахотного горизонта (так называемый горизонт А1А2, или А1Е, цвета кофе с молоком). Возможно, что вспашка этих почв способствует сравнительно заметному проникновению гумуса в слой 30-40 см. Но, как считал Л.О. Карпачевский, в естественных лесах заметное увеличение гумуса прослеживается лишь до слоя 10-20 см.

В других регионах аналогичная картина. По данным В.М. Алифанова [11] на участке Грязовец Вологодской области содержание гумуса в слоях 70-100 см составляет около 0,40 или 0,20% С. При этом, лишь в некоторых почвах по трещинам встречаются пленки на глубине ниже 100 см, содержащие более 0,5% С. В Ярославской области (Углич) на этих глубинах содержание С меньше 0,1% от массы почвы. В серых лесных почвах на лессах (Пушино) на глубине 70 см и ниже содержание гумуса составляет около 0,3%, углерода – 0,15%. По А.П. Щербакову и И.И. Васеневу [12] в черноземах Окско-Донской почвенной провинции содержание гумуса в слое 90-140 см равно 1%, ниже до 200 см – 0,6% (в черноземах Южнорусской провинции соответственно 0,5 и 0,3% С).

Горные породы, включая метеориты и лунный реголит, содержат С ( $n \times 10^{-2}\%$ ). В осадочных породах (глины и сланцы) содержание углерода составляет десятые доли процента и меньше, но иногда достигает 1% (табл. 2).

В заведомо абиогенных (лишенных жизни, любых, даже микроскопических организмов) рыхлых лунных грунтах содержание углерода составляет  $(6,4-23) \times 10^{-2}\%$  (в среднем  $14 \times 10^{-2}$ ), т.е. несколько превышает его содержание в изверженных породах Земли, но меньше, чем доля углерода в осадочных породах Земли. Лунный реголит показывает, что осадочные породы, образуясь из изверженных, накапливают углерод даже в отсутствии живых организмов. Но в присутствии живых организмов это увеличение достоверно больше. Более высокое содержание органического вещества (углерода) в осадочных породах Земли обязано тому, что эти породы прошли стадию биокосного тела (почвы или дна океана), т.е. тела, в котором существовали и с которым взаимодействовали живые организмы.

Таким образом, горные породы содержат лишь остаточные количества гумуса, причем в гораздо меньших количествах его в почвенном профиле. В глубокогумусных почвах содержание С в нижележащих слоях заметно превосходит кларк С в осадочных породах. Следовательно, этот гумус никак не может быть унаследован от осадочной породы.

2. Анализ почвы на большую ее глубину показал, что роль корней в накоплении органического вещества в нижних горизонтах можно исключить, так как на глубине 20, 50, 120 см содержание С близко между собой и соответствует кларку С осадочных пород. В то же время насыщенность почвы и, особенно, нижних ее слоев корнями значительно различается. С глубины 60 см и ниже встречаются лишь отдельные корни ели. Они идут тонкими и редкими нитями до глубины 250 см. В почве эти корни распространяются по трещинам и, возможно, корневинам, образованным или расширенным корнями, но фронтального распространения корней в почве глубже 40 см уже нет. Другими словами, современные корни не создают этот гумус, небольшое количество которого отмечается в нижних слоях почвы. Это положение подтвердили исследования Л.О. Карпачевского столетних насаждений сосны, ели и березы на пахотных дерново-подзолистых почвах Малинок, Московская область [7, 9, 10]. От ствола до ствола дерева подряд были отобраны образцы почв до глубины 30 см. В них определили содержание корней, гумус, рН, обменные катионы. Результат был удивительным – ни одно свойство почвы не коррелировало с содержанием

ем корней, как общего их количества, так и отдельных фракций! Отмечалось лишь закономерное изменение этих свойств, в том числе и содержания гумуса, в пределах тессеры (от ствола дерева к границе кроны). Эта закономерность относится в первую очередь к почвенному гумусу. Отмечалось более высокое содержание гумуса в слое 0-5 см около ствола дерева и на границе кроны, наименьшее содержание – в почвах под кроной. Но такая закономерность прослеживалась до слоя 15-20 см включительно. Ниже содержание гумуса в образцах соответствовало случайному распределению. Поэтому роль корней в накоплении гумуса в нижних горизонтах можно исключить.

3. Так может верна третья гипотеза, согласно которой подпочвенные горизонты уже прошли стадию почвообразования, и современное содержание углерода в них – это его остаточное количество после частичного окисления гумуса CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O и появления карбонатных новообразований. Датировка современных и погребенных горизонтов показала, что с глубиной возраст почвенного гумуса возрастает во всех черноземах с 1-2 тыс. лет в поверхностном слое 0-10 см до 5-6 тыс. лет на глубине 70-80 см [2]. Из этого следует, что гумус погребенных горизонтов никак не может быть современным. Напротив, объяснить этот факт можно с позиций «анормальности» черноземов, т.е. их роста вверх.

4. Небольшое содержание С в нижней толще почвы может быть связано с иллювируанием гумуса. Однако водорастворимый углерод в почвах находится в весьма ограниченном количестве – до 60 мг/л [13-15]. В лизиметрических водах его также мало (табл. 3).

По данным Д.С. Орлова [16], растворимое вещество в почвах составляет в среднем 0,006%. В то же время из опада в течение первого месяца водой извлекается до 20% его массы, большую часть которой составляет органическое вещество [10, 13].

Содержание растворимого С в почвах мало и значительно уступает поступающему в почвы опад растений, включая их корни. Поэтому Л.О. Карпачевский не считал водорастворимый С источником гумуса в нижних слоях глубокогумусных почв. К тому же, по данным Д.Г. Звягинцева [17], водорастворимый углерод представляет собой пул орга-

### 3. Содержание С в лизиметрических водах под подстилкой в насаждениях сосны на темно-серой лесной почве (I) и дерново-боровой супесчаной (II) [7]

Элемент тессеры	Содержание С, мг/100 мл					
	3 июня		24 июня		6 июля	
	I	II	I	II	I	II
У ствола	19	21	13	12	10	7
Под кроной	6	5	5	7	4	4
В окне	2	2	3	2	3	2

### 4. Средние концентрации веществ (мг/л) в природных водах и в палево-подзолистых суглинистых почвах ЦЛГБЗ в течение 1992-1996 гг. [18]

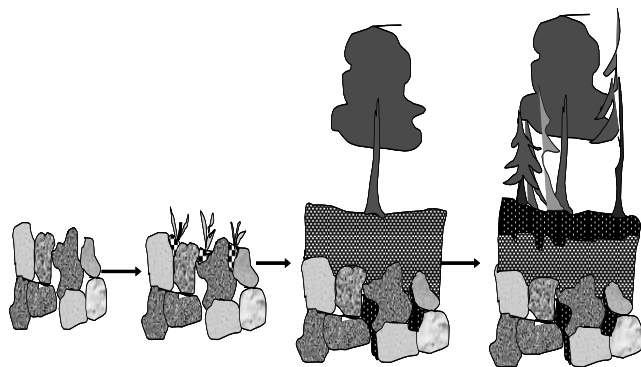
Объект	Pb	Fe	Cu	Mg	Ca	Mn
Осадки поле	0,039	0,060	0,0069	0,185	1,97	0,044
Осадки лес	0,044	0,067	0,0093	0,788	3,53	0,153
Почва, 3 см	0,087	0,036	0,0051	1,749	7,95	0,297
то же, 20 см	0,044	0,232	0,0079	1,987	4,18	0,266
то же, 40 см	0,047	0,056	0,0084	2,442	6,80	0,045
то же, 80 см	0,054	0,042	0,0073	3,929	12,87	0,056

нических соединений, которые потребляются микроорганизмами и не накапливаются в заметных количествах в нижних слоях почв. Содержание химических элементов в почвенных лизиметрах и в осадках также незначительное (табл. 4).

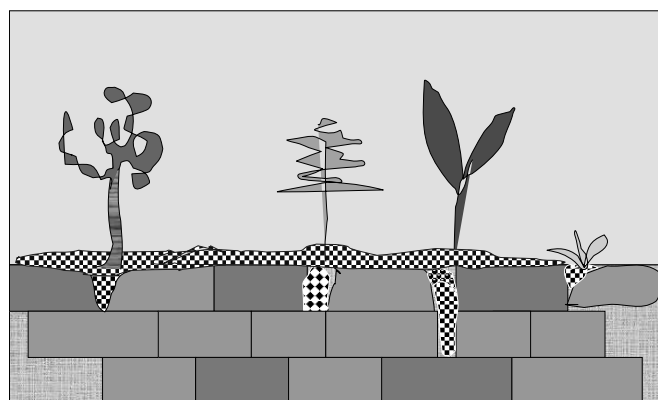
Торфяно-подзолистые почвы часто прокрашены гумусом в серый цвет и считается, что этот гумус их водорастворим и принесен в горизонт в результате вымывания его из подстилки (очеса мха) и вымывания в подзолисто-глеевый горизонт. Но даже в этом случае баланс органического вещества в почве свидетельствует, что водорастворимое органическое вещество в почвах составляет незначительную часть почвенного гумуса (те же тысячные доли %).

**Возникновение глубокогумусных почв.** Объяснение всех противоречивых данных по формированию глубокогумусных почв может дать следующая гипотеза Л.О. Карпачевского. Осадочные породы обычно содержат остаточный гумус, так как они все прошли цикл почвообразования (на суше) или биокосного тела морского дна. Поэтому они исходно содержат определенное мизерное количество углерода. При поселении на осадочных породах растений гумусируется верхний слой почвы (0 - 10-20 см). Именно этот слой следует считать фабрикой почвенного гумуса. Растения задерживают атмосферную пыль, которая вместе с листьями падает на поверхность почвы. Нарастание почв сверху происходит в результате задержания кронами деревьев атмосферной пыли. Растения отмирают, разлагаются до перегноя, затем гумуса и гумусовый горизонт нарастает сверху. После достижения определенной мощности нарастающего слоя в нижних слоях гумус окисляется до CO<sub>2</sub>, часть которого превращается в карбонаты почвы. Если в почвах промывной тип водного режима, то карбонаты вымываются из почвы. При непромывном типе они накапливаются в нижних горизонтах.

Особое сложение лесса, его карбонатность и присутствие в толще лесса погребенных почвенных горизонтов свидетельствуют о том, что лесс прошел стадию почвообразования [19, 20]. Все это говорит о том, что черноземы – «анормальные» почвы, и в какой-то период постоянно нарастающие сверху. И это же означает, что при уничтожении черноземов они



**Рис. 2. Схема формирования почвы на каменистых породах**



**Рис. 3. Схема зарастания заброшенных строений**

сами никогда не восстановятся. Аналогично с черноземами образуются и темно – серые лесные почвы, в среднем отличающиеся от выщелоченных черноземов более низкой гумусированностью и ореховатой структурой горизонта В.

**Бурые лесные глубокогумусные почвы.** Более сложное явление представляют собой бурые лесные почвы. Они делятся на две большие группы: глубокогумусные и нормальные по распределению гумуса [2]. Последние образуются в результате роста почв книзу под влиянием растений и животных. Глубокогумусные почвы должны, исходя из предложенной выше гипотезы, образовываться в результате приноса мелкозема. Но приуроченность большинства бурых лесных почв к горным склонам требует объяснения такого приноса. Существует вынос материала с гор в подгорные равнины [21]. Конуса выноса из ущелий, осыпи, делювий – все эти типы отложения связаны гравитационным сносом материала с гор (просто осыпь, водные потоки). Чем старше горы, тем они более сглажены, так как процесс денудации постепенно сносит материал с гор на равнины. В таком случае бурые почвы должны быть очень молодыми и маломощными. Кроме того, они образуются на плотных породах,

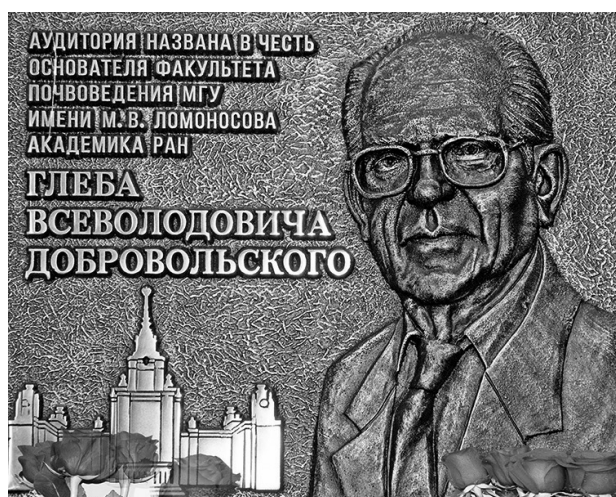
поэтому должны быть каменистыми. Но очень часто в верхних слоях горных лесных почв камни не встречаются, а в нижних слоях часто совсем не выветрены. Более того, прямые наблюдения показали, что часто локальные ветры переносят мелкозем с одного берега ущелья на другой, и он может накапливаться у какого-нибудь препятствия, в частности, у дерева и кустарника [22, 23]. Особенно в этом отношении показательны зарастание курумов (каменистых потоков, осыпей). Там четко видно, что материал между камнями не связан с разложением камней (рис. 2). Он образован в результате приноса мелкозема со стороны. Так в мелкоземе появляются другие минералы, в частности, полевые шпаты, которых нет в обломках плотных пород, образующих курум. В Саянах, например, под ельником с пихтой в одном местообитании выделены красновато-бурые почвы, материал которых близок материалу котловины выдувания вблизи Абакана [8]. Т.А. Трифонова обобщила материалы по эрозии гор и показала, что основной материал поступает на равнины с реками, размывающими ущелья [24], а участки горных склонов между ущельями (фанды) в естественном состоянии подвергаются едва заметной эрозии геологического масштаба (доли мм в столетия). В то же время в сухие периоды в горы приносится мелкозем с примыкающих к горам равнин. Аналогичным путем происходит зарастание заброшенной кирпичной кладки, когда пылеватые частицы задерживаются в трещинах, и на них поселяются растения, которые, в свою очередь, задерживают еще больше мелкозема (рис. 3). Разрастающаяся корневая система расшатывает кирпичную кладку, а надземные органы способствуют отложению аэриального мелкозема сверху и зарастанию заброшенных строений.

**Заключение.** Возвращаясь к вопросу о формировании глубокогумусных почв, и причинах накопления гумуса в нижних горизонтах почвенного профиля можно заключить следующее. Основная масса корней растений сосредоточена в слое 0-20 см, поэтому не может оказывать влияния на аккумуляцию гумуса в почвенных горизонтах ниже 40 см. Почвообразующие породы содержат органического углерода гораздо меньше, чем нижние горизонты. Поэтому они не могут служить источником гумуса на глубине 50-150 см. Датировка органического вещества черноземов показывает постепенное нарастание возраста вниз по профилю, т.е. на поверхности гумус всегда более молодой. Все это свидетельствует о принадлежности глубокогумусных почв к «анормальным» по В.В. Докучаеву или к почвам, которые растут вверх.

#### Литература

1. Шарпенсил Г.В. Радиоуглеродное датирование почв // Почвоведение, 1971, № 1. – С. 34-42.

2. Чичагова О.А. Радиоуглеродное датирование гумуса почв. – М.: Наука, 1985. – 156 с.
3. Добровольский Г.В. Почвы речных долин центра Русской равнины. – М.: Изд. МГУ, 1968. – 298 с.
4. Ашинов Ю.Н., Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Почвенный покров и элементы социальной структуры Кубани и Адыгеи. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2008. – 268 с.
5. Карпачевский Л.О. Развитие идей в почвоведении // Грунтознавство. 2006, т. 7, № 3-4. – С. 1-10.
6. Сибирцев Н.М. Избранные сочинения / под ред. и с предисл. С.С. Соболева. – М.: Сельхозгиз, Т. 1: Почвоведение, 1951. – 472 с.
7. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. – М.: МГУ, 1993. – 184 с.
8. Карпачевский Л.О. Почвообразование в горах Сихотэ-Алиня. – М. ГЕОС, 2012. – 138 с.
9. Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесных биогеоценозах. – М.: Изд. МГУ, 1977. – 313 с.
10. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264 с.
11. Алифанов В.М. Палеокриогенез и современное почвообразование. – Пушкино: ПНЦ РАН, 1995. – 318 с.
12. Антропогенная эволюция черноземов / под ред. Щербакова А.П., Васенева И.И. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2000. – 409 с.
13. Карпачевский Л.О. Динамика свойств почвы. – М.: ГЕОС, 1997. – 169 с.
14. Яшин И.М., Кауричев И.С. Педогенные функции водорастворимых органических веществ в таежных ландшафтах // Почвоведение, 1992, № 10. – С. 49-61.
15. Первова Н.Е., Евдокимова Т.И. Состав почвенных растворов в подзоне южной тайги // Почвоведение, 1984, № 1. – С. 32-39.
16. Орлов Д.С. Химия почв. – М.: Изд. МГУ, 1992. – 401 с.
17. Звягинцев Д.Г. Строение и функционирование комплекса почвенных микроорганизмов / Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. – М.: ГЕОС, 1999. – С. 113-121.
18. Карпачевский Л.О., Зубкова Т.А., Пройслер Т., Кеннел М., Гитл Г., Гончарук Н.Ю., Минаева Т.Ю. Воздействие полога ельника сложного на химический состав осадков // Лесоведение, 1998, № 1. – С. 50-60.
19. Берг Л.С. Справка по истории лесового вопроса // Почвоведение, 1946, № 3. – С. 164.
20. Неуструев С.С. Генезис и география почв. – М.: Наука, 1977. – 328 с.
21. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. – М.: Книжный дом Либроком, 2009. – 336 с.
22. Ильина Л.С. Кринари Г.А., Карпачевский Л.О., Морозов В.П. Аэральный привнос минеральных веществ в лесные почвы Сихотэ-Алиня // Почвоведение, 1993, № 3. – С. 5-14.
23. Карпачевский Л.О., Ильина Л.С., Родионова Е.Т. Андосоли как представители аномальных почв // Почвоведение, 1996, № 3. – С. 348-350.
24. Трифонова Т.А. Формирование почвенного покрова гор и его картографирование на основе дистанционного зондирования: на примере Армянского нагорья: автореф. дисс. д.б.н., 1997. – 48 с.



19 апреля 2018 г. на факультете почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова была установлена мемориальная доска перед входом в лекционную аудиторию, которой было присвоено имя основателя факультета, академика РАН Глеба Всеволодовича Добровольского. Это событие было приурочено к 45-летию основания факультета, т.к. прежде он назывался биолого-почвенным.

В церемонии открытия мемориальной доски участвовали профессор, преподаватели, студенты и выпускники факультета во главе с деканом, членом-корреспондентом РАН С.А. Шобой, которых поздравил ректор университета, академик РАН В.А. Садовничий и декан биологического факультета, академик РАН М.П. Кирпичников.

## «НЕРЫНОЧНАЯ» СУЩНОСТЬ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ В СФЕРЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

<sup>1</sup>О.А. Макаров, д.б.н., <sup>1</sup>Е.В. Цветнов, к.б.н., <sup>2</sup>А.С. Строков, к.э.н.,  
<sup>3</sup>Е.Н. Кубарев, к.б.н., <sup>1</sup>Д.Р. Абдулханова

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: oa\_makarov@mail.ru

<sup>2</sup>Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации, e-mail: bandura3@yandex.ru

<sup>3</sup>Учебно-опытный почвенно-экологический центр МГУ им. М.В. Ломоносова,  
e-mail: Kubarevmsu@mail.ru

*Дан анализ существующих методов и подходов к оценке рыночной стоимости земель. Установлено, что соотношение между спросом и предложением на свободном рынке недвижимости, которое в полной мере реализуется лишь для оценки стоимости сравнительным подходом, неизменно в дальнейшем корректируется другими подходами и методами, не зависящими от рынка. Таким образом, в рыночной стоимости земель и в тех разновидностях земельного оборота, с которыми они связана, существенная составляющая является совершенно «нерыночной». Предлагается более активное продвижение в сфере оценки сельскохозяйственных земель идей И.И. Карманова, в которых предложен поэтапный алгоритм расчета рыночной цены земель: через изучение почвенно-агрохимических показателей и климатических характеристик, определение почвенно-экологического индекса, тарифной категории и цены почв, а также рыночной стоимости участков.*

**Ключевые слова:** рыночная стоимость земель, земельный рынок, плодородие, почвенно-экологический индекс, доходный подход, затратный подход, подход сравнения рыночных продаж.

### «NON-MARKET» ESSENCE OF MARKET RELATIONS IN THE FIELD OF LAND USE

<sup>1</sup>Dr.Sci. O.A. Makarov, <sup>1</sup>Ph.D. E.V. Tsvetnov, <sup>2</sup>Ph.D. A.S. Strokov, <sup>3</sup>Ph.D. E.N. Kubarev, <sup>1</sup>D.R. Abdulkhanova

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, e-mail: oa\_makarov@mail.ru

<sup>2</sup>The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, e-mail: bandura3@yandex.ru

<sup>3</sup>Educational-Experimental Soil-Ecological Center of Lomonosov Moscow State University,  
e-mail: Kubarevmsu@mail.ru

*The existing methods and approaches to assessing the market value of land are analyzed. It is found that the relationship between demand and supply in the free real estate market, which is fully implemented only to assess the value of the comparative approach, invariably further adjusted by other approaches and methods independent of the market. Thus, in the market value of land and in the types of land turnover with which they are connected, an essential component is completely «non-market». Proposes a more active promotion in the field of assessment of agricultural land ideas of I.I. Karmanov, which proposed a phased algorithm for the calculation of the market value of the land: through the study of soil agrochemical parameters and climatic characteristics, the determination of the soil-ecological index, tariff categories and rates of the soils, the market value of land.*

**Keywords:** land market value, land market, fertility, soil-ecological index, income approach, cost approach, approach of comparison of market sales.

Земельный рынок в том или ином регионе и в государстве определяется такими стандартными рыночными «атрибутами», как соотношение спроса и предложения, покупательная способность населения, возможность эффективного использования земельного участка и т.д. То есть – теми параметрами и условиями, которые в соответствии с законодательными, нормативно-методическими документами и стандартами формируют рыночную стоимость земель [1-3]. В этой связи интересной правовой осо-

бенностью землепользования России последнего времени стало придание кадастровой стоимости земель, служащей базой для формирования земельного налога (налога на недвижимость), рыночной сущности. Так, в соответствии с Федеральным стандартом оценки «Определение кадастровой стоимости объектов недвижимости (ФСО № 4)» [4], кадастровая стоимость недвижимости определяется как «...установленная в процессе государственной кадастровой оценки рыночная стоимость объекта

недвижимости, определенная методами массовой оценки, или, при невозможности определения рыночной стоимости методами массовой оценки, рыночная стоимость, определенная индивидуально для конкретного объекта недвижимости в соответствии с законодательством об оценочной деятельности...» (пункт 3). То есть, рыночная оценка – определение рыночной стоимости конкретного участка земли методами индивидуальной оценки, а при определении кадастровой стоимости этого же участка используются методы массовой оценки: определяются рыночные стоимостные характеристики группы однородных объектов недвижимости одновременно на обширной географической территории с использованием статистической обработки реальной рыночной информации, при которой анализируется такое количество ценообразующих факторов, присущее одновременно всей оцениваемой группе. Такое толкование кадастровой стоимости выхолащивает ее суть – способность служить мерой таких качеств земельного участка, которые не зависят от плодородия, состава почвенного покрова, геоморфологического положения и т.д. В течение десятилетий кадастровая стоимость была одной из базовых величин государственного земельного кадастра России, пересматриваемых не чаще, чем 1 раз в 3 года (и не реже, чем 1 раз в 5 лет). Поэтому ее отнесение к категории рыночных стоимостей может (если не сейчас, то в дальнейшем) привести к необоснованному росту земельного налога (налога на недвижимость).

Ситуация с кадастровой стоимостью земель заставляет решать вопрос шире, чем просто соотношение процедур рыночной и кадастровой оценки – насколько оправданы рыночные отношения при таких важнейших видах оборота земель, как их купля-продажа, пользование, аренда, дарение, наследование и т.д.? Изучению этого вопроса и посвящена настоящая статья.

**Назначение рыночной стоимости земель.** В основе проявления различных разновидностей оборота

земель лежит их рыночная стоимость. Следует напомнить, что рыночная стоимость земельного участка служит «...расчетной денежной суммой, за которую этот участок ...должен переходить из рук добровольного продавца в руки добровольного покупателя в результате коммерческой сделки...» [5]. Чаще всего рыночная стоимость используется для совершения сделок купли-продажи (первоначальная стоимость при выставлении участка на торги (аукцион)) – рисунок 1. Нередко конкретная денежная сумма, уплаченная в ходе сделки за участок (рыночная цена), отличается от его рыночной стоимости в ту или иную сторону, так как или продавцу, или покупателю удалось ее скорректировать в свою сторону, «психологически обыграв» своего оппонента [6]. Рыночная стоимость земель используется и в других случаях, однако в случае с продажей или покупкой земельного участка мы имеем «в чистом виде» разновидность оборота земель со 100%-ным проявлением «рыночного характера» (под «рыночным характером» стоимости земель или рынка недвижимости будет пониматься доминирование, так называемого принципа спроса и предложения: рыночная стоимость товара зависит от спроса и предложения на рынке и характера конкуренции продавцов и покупателей).

**Анализ «рыночного характера» рыночной стоимости земель.** В соответствии с распоряжением Минимущества РФ от 6 марта 2002 г. № 568-р утверждены «Методические рекомендации по определению рыночной стоимости земельных участков» [2], где выделены следующие факторы: рыночный спрос (обусловлен полезностью и доступностью, но ограничен платежеспособностью потенциальных потребителей); целевое назначение земли

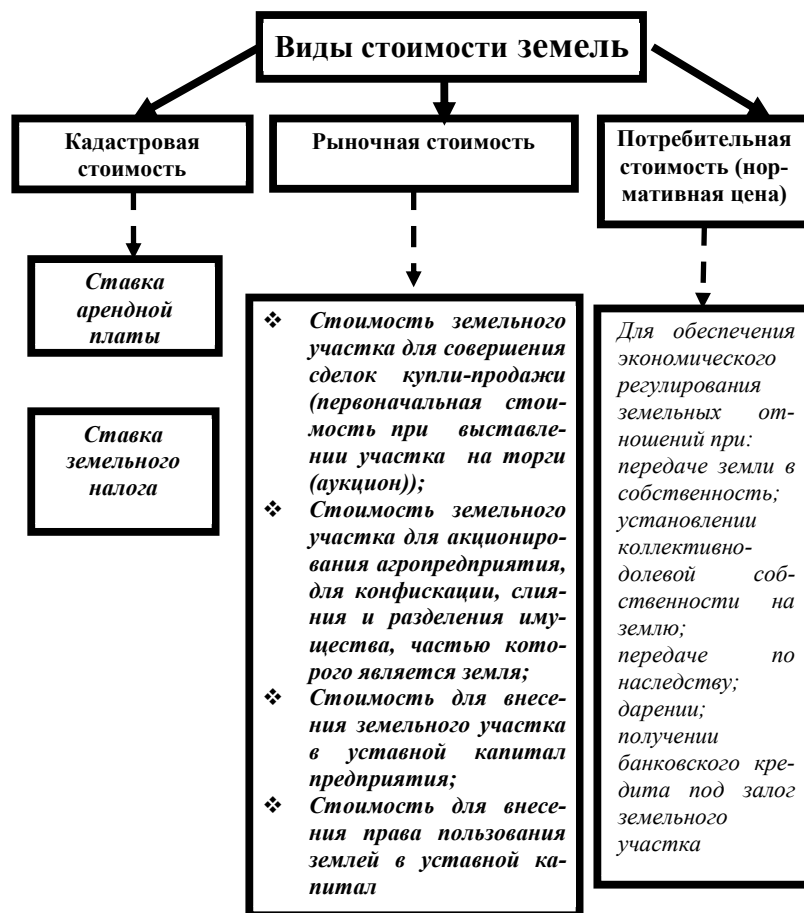


Рис. 1. Назначение основных видов стоимости земель

(отвод земель сельскохозяйственного назначения на другие цели может сопровождаться повышением или снижением цен); история использования земельного участка; зона нахождения участка (рыночная стоимость участка может изменяться за счет статуса города, развития социально-культурного потенциала, рекреационной ценности, численности населения, занятости, уровня цен и т.п.); права на оцениваемое имущество (права на поверхность земли или подземные запасы, права проезда или прохода, сервитуты, права на минеральные ресурсы, обязательства по использованию общей ограды, права на использование общих стен и т.п.); топография, площадь, форма, дренажность, почвы участка; инженерное обустройство территории (наличие систем водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения, электроснабжения, телефонизации, радиофикации, наружного освещения и т.д.); правовая обоснованность застройки (соблюдение правил зонирования, закона «Об охране окружающей среды», требований строительных и жилищных кодексов); соседство (возможность целевого использования прилегающих участков для стоянок, подъездных путей, коммерческого использования); неудобства (размещение в жилой округе промышленных сооружений, шумных шоссе, канализационных колодцев и линий высокого напряжения, пустующих домов и пр.); особенности состояния окружающей среды (необычная роза ветров, повышенная солнечная активность, повышенный/пониженный уровень осадков и связанное с ним ограничение землепользования, повышенная опасность наводнения или затопления, землетрясения, оползней, а также повышенная пожароопасность). То есть, рыночная стоимость в значительной степени должна определяться совокупностью факторов, не зависящих от конъюнктуры рынка недвижимости, и лишь рыночный спрос на земельные участки отражает текущее состояние земельного рынка.

Рассмотрим, как проявляется «рыночный характер» некоторых методов и подходов к определению рыночной стоимости земельных участков.

**1. Метод определения рыночной стоимости земель на основе соотношения земельной ренты и процента по банковскому вкладу [7].** Продавая земельный участок, его собственник фактически продает право на получение с него ежегодного дохода в виде ренты. В этой связи существует достаточно распространенный взгляд на рыночную стоимость земель как на денежную сумму, которая, будучи помещенной в банк в качестве депозита, принесет вкладчику (собственнику участка) прибыль в виде банковского процента, равную размеру земельной ренты – (формула (1)):

$$\frac{\text{Размер ренты}}{\text{Ставка банковского процента по вкладам}} \times 100\% \quad (1)$$

Величина ставки банковского процента на депозит, является прерогативой того или иного банка, однако

определяется экономическим состоянием государства (ставка рефинансирования Центрального банка, стоимость ценных бумаг крупнейших налогоплательщиков, маржинальность основных отраслей экономики и т.д.). В стабильно функционирующем государстве с уровнем инфляции 2-3% в год банковский процент на депозит обычно невелик. В стране с высоким уровнем инфляции ставки депозита выше и могут достигать до 15-20%, и более, но возрастают риски невыполнения своих финансовых обязательств со стороны банков.

**2. Метод оценки рыночной стоимости сельскохозяйственных угодий по ставке земельного налога с учетом естественного плодородия почв [5].** При расчете стоимости этим способом используется фактический балл бонитета почвы оцениваемого участка с корректировкой его по отношению к среднеобластному баллу бонитета – формула (2):

$$C_n = Z_{nb} \times B \times K_{ПП} \times K \times S \times K_M \times K_z \times K_{y2} \times ИИИФ, \quad (2)$$

где:  $C_n$  – потребительная стоимость (нормативная цена) земельного участка;  $Z_{nb}$  – ставка земельного налога за 1 среднеобластной (по зоне) балл бонитета почв;  $B$  – балл бонитета почвы оцениваемого участка;  $K_{ПП}$  – поправочный коэффициент к ставке налога за 1 балл бонитета почвы оцениваемого участка по отношению к среднеобластному или зональному баллу бонитета;  $K$  – кратность ставки земельного налога в данном субъекте страны;  $S$  – площадь участка, га;  $K_M$  – поправочный коэффициент на местоположение участка;  $K_z$  – поправочный коэффициент к стоимости участка в зависимости от зон нахождения;  $K_{y2}$  – поправочный коэффициент к стоимости участка в зависимости от вида использования угодья;  $ИИИФ$  – инфляционный индекс к определенному году.

Затем, путем умножения на индекс спроса и предложения получают рыночную стоимость земли – формула (3):

$$C_p = C_n \times ИСПР, \quad (3)$$

где:  $C_p$  – рыночная стоимость участка;  $C_n$  – потребительная стоимость (нормативная цена);  $ИСПР$  – индекс спроса и предложения.

Таким образом, при определении рыночной стоимости вышеописанным методом учитывается плодородие почв (через оценку их бонитета).

**3. Определение рыночной стоимости при помощи основных подходов [8].**

**Доходный подход** применяется для определения стоимости оцениваемого участка, способного приносить доход в будущем на протяжении определенного срока его эксплуатации. Доходный подход основывается на принципе ожидания, который утверждает, что типичный покупатель (инвестор) приобретает земельный участок в ожидании будущих доходов или выгод.

В случае земель сельскохозяйственного назначения будущий предполагаемый доход от их использования в значительной степени будет определяться плодородием почв, качеством управления сельскохозяйственным производством и т.д. – то есть характеристиками, не зависящими от конъюнктуры рынка. В тоже время правила капитализации будущих доходов предусматривают учет уровня инфляции, изменение стоимости ценных бумаг основных игроков фондовых рынков и т.д. Доходный подход в полной мере реализуется в методологии инициативы по Экономике деградации земель, разработанной Международным институтом по исследованию продовольственной политики (IFPRI) и Университетом Бонна [9-12].

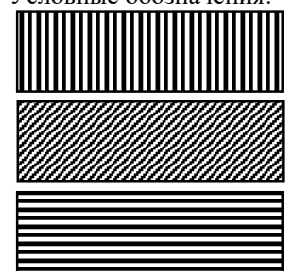
**Затратный подход** в оценке стоимости земельного участка исходит из того, что инвестор, проявляя должную благоразумность, не заплатит за объект большую сумму, чем та, в которую обойдется приобретение соответствующего участка под застройку и возведение на нем аналогичного по назначению и качеству здания в нормальный для строительства период. Разумеется, кроме экономических условий рынка недвижимости здесь должны учитываться и характеристики участка, и свойства почв.

**Подход сравнения рыночных продаж** основан на принципе замещения: благоразумный покупатель не заплатит за оцениваемый участок большую сумму, чем ту, за которую можно приобрести на рынке аналогичный по качеству и полезности земельный участок. Это – самый «рыночный» подход, так как здесь упор делается на анализ ситуации на рынке недвижимости: какие были сделки купли-продажи аналогичных участков. Не секрет, что в регионах, где земельные участки пользуются повышенным спросом (г. Москва и Московская область, г. Санкт-Петербург и Ленинградская область, г. Краснодар, г. Казань, г. Сочи и др.), рыночная стоимость, определенная при помощи указанного подхода, выше, чем в случае использования доходного и затратного подходов. Так, рыночная стоимость земли в УО ПЭЦ МГУ им. М.В. Ломоносова «Чашниково» в соответствии со сравнительным составляет 28 млн. руб/га, при этом доходный подход дает 447,7 тыс. руб/га [13].

Анализ «рыночного характера» приведенных оценочных методов и подходов (рис. 2) позволяет сделать заключение о том, что при строгом следовании существующим нормативно-методическим разработкам рыночная стоимость земель наполняется совершенно «нерыночной» сущностью. Соотношение между спросом и предложением на свободном рынке недвижимости, которое в полной мере реализуется лишь для оценки стоимости сравнительным подходом, неизменно в дальнейшем корректируется другими подходами и методами, не зависящими от рынка. Можно совершенно четко заявить, что в рыночной стоимости земель (и в тех разновидностях земельного оборота, которые она «запускает») существенная часть является совершенно «нерыночной». В этой связи хотелось бы,

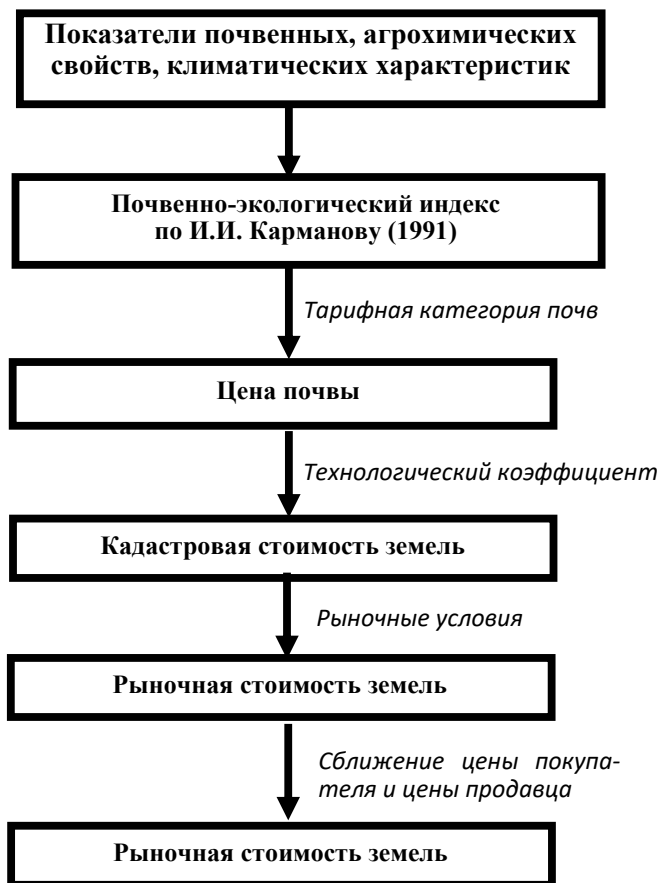
Название рыночного метода/подхода	Оценка
Метод определения рыночной стоимости земель на основе соотношения земельной ренты и процента по банковскому вкладу	
Метод оценки рыночной стоимости сельскохозяйственных угодий по ставке земельного налога с учетом естественного плодородия почв	
Доходный подход	
Затратный подход	
Подход сравнения рыночных продаж	

Условные обозначения:



- метод или подход не учитывает свойства почв и характеристики земельного участка, ориентируется только на состояние земельных и финансовых рынков;
- метод или подход основываются в большей степени на показателях состояния земельных и финансовых рынков;
- метод или подход в существенной мере опираются на показатели плодородия почв, характеристики участка (местоположение, дренированность, форма и т.д.).

**Рис. 2. Экспертная оценка «рыночного характера» различных методов и подходов, использующихся при оценке рыночной стоимости земель**



**Рис. 3. Последовательные этапы определения рыночной стоимости и рыночной цены земель сельскохозяйственного назначения**

чтобы схема оценки земель, предложенная (для сельскохозяйственных угодий) И.И. Кармановым [14-16] и подкорректированная нами, работала на практике (рис. 3).

*Таким образом, рыночные отношения в сфере землепользования должны учитывать показатели состояния почв и характеристики земельных участков, не зависящие от конъюнктуры рынка недвижимости. Предпосылки для этого существуют: учет «нерыночных» показателей заложен в действующие нормативно-методические документы. Однако конкретные механизмы такого учета не разработаны или разработаны не для всех случаев оборота земель. В этой связи необходимо активнее использовать имеющиеся разработки почвоведов по пересчету показателей плодородия почв в величины кадастровой стоимости земельных участков.*

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-010-00775.

**Литература**

1. Федеральный закон от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ «Земельный кодекс Российской Федерации».
2. Распоряжение Минимущества РФ от 06 марта 2002 г. № 568-р «Об утверждении Методических рекомендаций по определению рыночной стоимости земельных участков».
3. Федеральный стандарт оценки «Цель оценки и виды стоимости (ФСО № 2)», 2007.
4. Федеральный стандарт оценки «Определение кадастровой стоимости объектов недвижимости (ФСО № 4)», 2007.
5. Оценка земельных ресурсов: уч. пособие / под ред. В.П. Антонова и П.Ф. Лойко. – М.: Ин-т оценки природных ресурсов, 1999. – 364 с.
6. Фридман Дж., Ордуэй Н. Анализ и оценка приносящей доход недвижимости: учебное пособие по оценке. – М.: «Дело», 1997. – 480 с.
7. Макаров О.А. Почему нужно оценивать почву (состояние, качество почвы: оценка, нормирование, управление, сертификация). – М.: Издательство МГУ, 2003. – 259 с.
8. Макаров О.А., Каманина И.З. Эколого-экономическая оценка и сертификация почв и земель. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 240 с.
9. Nkonya E., Gerber N., Baumgartner P., von Braun J., De Pinto A., Graw V., Kato E., Kloos J., Walter T. The Economics of Desertification, Land Degradation, and Drought. Towards an Integrated Global Assessment. ZEF-Discussion Papers on Development Policy, 2011, № 150. – 196 p.
10. von Braun J., Gerber N. The economics of land and soil degradation – toward an assessment of the costs of inaction // Recarbonization of the Biosphere. – Netherlands: Springer, 2012. – P. 493-516.
11. von Braun J., Gerber N., Mirzabaev A., Nkonya E. The Economics of Land Degradation. An Issue Paper for Global Soil Week, Berlin, 08-22 November, 2012. ZEF (Bonn), IFPRI (Washington), 2012, – 25 p.
12. von Braun J., Gerber N., Mirzabaev A., Nkonya E. The Economics of Land Degradation. ZEF Working Paper Series. University of Bonn, 2013, № 109. – 20 p.
13. Бондаренко Е.В. Опыт учета экосистемных сервисов при оценке деградации земель (на примере УО ПЭЦ МГУ): автореф. дисс. к.б.н. 03.02.13 «Почвоведение», 03.02.08 «Экология». – М.: МГУ, 2016. – 24 с.
14. Карманов И.И. Почвенно-экологическая оценка / Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 161-233.
15. Карманов И.И. Проблема цен на почвы и земельные участки / Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 234-297.
16. Карманов И.И., Булгаков Д.С. Опыт разработки методики расчетов индексов ценности земель сельскохозяйственного назначения на почвенно-экологической основе / Роль почв в биосфере: под ред. Г.В. Добровольского, Г.С. Куста. – М.; Тула, 2003. Вып. 3. «Оценка и учет почвенных ресурсов». – С. 62-97.

УДК 631.8

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ БЕЗВИРУСНОГО КАРТОФЕЛЯ НА КОНСТРУКТОЗЕМАХ

Т.И. Хуснетдинова, к.б.н., П.Н. Балабко, д.б.н., С.Н. Еланский, д.б.н.,  
Л.К. Батурина, Н.Ф. Черкашина, к.б.н.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: tamara\_iul@mail.ru

*Представлены результаты опыта размножения микроклубней картофеля с использованием препарата гумат калия в условиях Ботанического сада. Выявлено, что на конструктороземах максимальная прибавка урожая (100%) отмечена на варианте с предпосадочной обработкой микроклубней препаратом гумат калия до посадки с последующей обработкой препаратом по вегетирующим растениям в фазе бутонизации и начала цветения. Урожайность в данном варианте была в 2 раза больше, чем на контроле и составила 16,7 т/га. Обнаружено, что применение гумата калия в виде опрыскивания растений привело к увеличению урожайности полученных миниклубней на 72% и составила 14,3 т/га. Использование гумата калия в период вегетации на картофеле стимулировало клубнеобразование, увеличивало коэффициент размножения от 27,8 до 34,3%, выход семенной (стандартной) фракции от 53 до 65,7%, что приводило к увеличению продуктивности.*

**Ключевые слова:** картофель, гумат, предпосадочная обработка, меристема, миниклубни, клубнеобразование, коэффициент размножения, урожайность, фракционный состав клубней.

### APPLICATION OF HUMIC PREPARATIONS FOR CULTIVATION OF UNVEILED POTATO BY BIOLOGICALIZED TECHNOLOGY

PhD. T.I. Khusnetdinova, Dr.Sci. S.N. Elansky, Dr.Sci. P.N. Balabko, L.K. Baturina, Ph.D. N.F. Cherkashina  
Lomonosov Moscow State University, e-mail: dobrtata@mail.ru

*There are presented the results of breeding experience of potato microtubers with the use of potassium humate in the conditions of the Botanical Garden. It was revealed that on constructozems the maximum yield increase (100%) was noted on the variant with preplant treatment of micro tubers with the potassium humate preparation before planting, followed by treatment with the drug on vegetating plants during the budding phase and the beginning of flowering. Yield in this version was 2 times more than in the control and amounted to 16.7 t / ha. It was found that the application of potassium humate in the form of spraying plants led to an increase in the yield of the obtained mini tubers by 72% and amounted to 14.3 t/ha. The use of humate during the potato growing season stimulated tuberization, increased the reproduction ratio from 27.8% to 34.3%, the yield of the seed (standard) fraction from 53% to 65.7%, which led to an increase in productivity.*

**Keywords:** potato, humate, preplant treatment, meristem, minitubers, tuber formation, reproduction rate, yield, tuber fractionation.

Картофель – одна из основных продовольственных, технических и кормовых сельскохозяйственных культур. Природно-климатические условия Московской области позволяют эффективно заниматься выращиванием картофеля и получать урожайность 18-25 т/га. В хозяйствах всех категорий Московской области в 2014, 2015 и 2016 гг. урожайность картофеля составила соответственно 177,6; 212,5 и 196,2 ц/га. По данным Росстата РФ, в 2017 г. посевная площадь под картофелем во всех хозяйствах Московской области по сравнению с 2016 г. уменьшилась на 1,7% и составила 42,6 тыс. га., а в РФ в 2017 г., по отношению к 2016 г., площади возделывания картофеля сократились на 13,7% (на 47,03 тыс. га). Уменьшился также валовой сбор и урожайность картофеля. Среди основных факторов,

сдерживающих рост урожайности и производство картофеля является недостаточный объем качественного семенного материала для эффективных сортовобновления и сортосмены. Поэтому одной из задач семеноводства картофеля является ускоренное размножение оздоровленных клубней [1-3]. Большое значение имеет адаптация высококачественного семенного картофеля к естественным условиям произрастания. По мнению С.Н. Сергеева [4], одним из важнейших резервов увеличения производства и повышения устойчивости растений картофеля к патогенам и стрессовым факторам внешней среды могут служить обработки как при посадке, так и по вегетирующим растениям регуляторами роста, которые положительно влияют на увеличение выхода стандартной семенной фракции и повышение каче-

ства семян картофеля. Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур применяют гуминовые удобрения. Использование гуминовых препаратов в качестве удобрений приобретает особую важность в зоне рискованного земледелия на дерново-подзолистых почвах с невысоким уровнем плодородия в силу природных особенностей их генезиса и большой зависимостью от природно-климатических условий, где сохраняется риски невысоких и нестабильных урожаев [5, 6]. Гуминовые вещества представляют собой сложную смесь химических соединений. Они облегчают поступление и передвижение питательных веществ в культурных растениях [7-9]. Одним из таких препаратов является гумат калия. Современные исследования показали высокую эффективность данного препарата в технологиях возделывания различных сельскохозяйственных культур [10-13]. Сочетание меристемной технологии с применением гуминовых препаратов позволяет не только оздоравливать посадочный материал, но и увеличивать коэффициент размножения картофеля [14].

**Цель исследований** – изучить влияние препарата гумат калия на продуктивность безвирусных микроклубней картофеля сорта Жуковский ранний, выращенных на конструкторах в условиях Ботанического сада, расположенного на Воробьевых горах.

**Объекты и методы исследований.** Полевой опыт проводили в 2016 г. на территории Ботанического сада МГУ. Почва опытного участка конструктора – искусственно созданный почвогрунт, состоящий из слоев грунта разного гранулометрического состава, происхождения и насыпного плодородного слоя. Верхний слой данной почвы имеет следующую агрохимическую характеристику:  $r_{\text{HCl}}$  7,15;  $\text{P}_2\text{O}_5$  356 мг/г;  $\text{K}_2\text{O}$  135 мг/г;  $\text{H}_+$  1,05 мг-экв/100 г;  $\text{S}$  46,0 мг-экв/100 г.

Выращивали картофель сорта Жуковский ранний, пробирочный материал которого был получен из ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха. Объектом исследований служили микроклубни (размер клубней до 1 см), выращенные в пробирках в стерильных условиях.

В качестве гуминового препарата применяли гумат калия. Это жидкое темно-коричневого цвета экологическое удобрение произведено на основе переработки натурального торфа. Препарат содержит: гуминовые кислоты не менее 80% от органического вещества, фульвокислоты – не более 20% от органического вещества, аминокислоты – до 1,2 г/л, углеводы – до 0,2 г/л, низкомолекулярные органические кислоты – до 2,5 г/л, азот – до 3,0 г/л, фосфор – до 0,5 г/л, калий – 1,2 г/л. В состав препарата включены биологически активные формы микроэлементов: железо, медь, цинк, марганец, бор, молибден и др., что увеличивает эффективность гумата калия в качестве органоминерального удобрения. Использование препарата увеличивает устойчивость растений

к неблагоприятным погодным условиям (засухам, заморозкам и т.д.), в связи с чем он является не только органоминеральным удобрением, но и биостимулятором роста растений. Гумат калия предназначен как для предпосевной обработки семян, так и для некорневой и корневой подкормки растений.

Изучение влияния гуминового препарата на урожайность микроклубней картофеля раннего сорта Жуковский ранний проходило в 2 этапа. На первом этапе посадочный материал (микроклубни), полученный в лаборатории, проходил период покоя на протяжении 4 месяцев и хранился в холодильнике при температуре от 2 до 4°C. За 10-15 дней до высадки микроклубни выставляли на рассеянный свет для проращивания. В этом случае микроклубни зеленеют, это приводит к накоплению в них гликоалкалоидов, что существенно повышает устойчивость к грибным и бактериальным болезням. Приготовленные таким образом микроклубни высаживали в теплице в контейнеры, наполненные торфогрунтом с площадью питания 5 x 5 см на глубину 2-4 см и выращивали по типу рассады. В качестве субстрата для выращивания рассады использовали питательный грунт Живая земля (TERRA VITA) универсальный, который содержал основные питательные элементы: азот (N) – 150-320 мг/л; фосфор ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 350-650 мг/л; калий ( $\text{K}_2\text{O}$ ) – 350-650 мг/л;  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,5-6,5, влажность до 70%. В грунт добавлен агроперлит для улучшения воздухо- и влагообмена и песок для улучшения структуры почвы. Контейнеры с высаженными микроклубнями устанавливали на стеллажи. Рассаду картофеля выращивали в теплице при температуре 20-24°C и относительной влажности воздуха 65-90%. Для лучшего роста растений контейнеры с растениями накрывали полиэтиленовой пленкой, которую постепенно открывали до полной адаптации растений. Растения поливали водой. Перед посадкой микроклубни опрыскивали приготовленным водным раствором гумата калия концентрации 0,1% (1 г препарата на 1 л воды).

Следующий этап размножения посадочного материала проходил в открытом грунте, куда полученную рассаду высаживали 26 мая. Для проведения опыта был подобран участок, где никогда не возделывали картофель и который удален от ближайших посадок картофеля на расстоянии не менее 9 км, что уменьшает риск заражения растений вирусами и грибами. На участке соблюдалась вся общепринятая технология выращивания картофеля. Схема посадки в опытах – 30 x 50 см, повторность трехкратная, учетная площадь делянки 1,8 м<sup>2</sup>, в каждом варианте опыта исследовали по 10 растений. Некорневые подкормки проводили путем опрыскивания растений в фазе бутонизации и начала цветения (3 мл/10 л воды). Растения поливали водой. В течение вегетационного сезона вели фенологические наблюдения, определяли биометрические показатели роста и раз-

вития растений. Большое внимание уделяли защите растений от вредителей и грибных заболеваний. Заболевшие растения удаляли. Уход за растениями включал прополку и наращивание гребней. За 7 дней до уборки ботву картофеля срезали, что снижало риск заражения вирусами. Уборку проводят вручную, каждое гнездо индивидуально оценивали по продуктивности и сортовой типичности. Малопродуктивные гнезда выбраковывали. После уборки проводили учет количества и массы миниклубней. Урожай сортировали по фракциям с учетом размерных характеристик (ГОСТ Р 53136-2008). Наблюдения и учеты в опытах проводили согласно методике исследований по культуре картофеля [15], математическую обработку результатов с использованием дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [16].

**Результаты.** При высаживании микроклубней в торфяные контейнеры в теплице растения начали прорастать на 4 день. На 7 день наименьшая всхожесть наблюдалась в варианте с предпосадочной обработкой микроклубней и составляла 76% от контроля. Только на 10 день во всех вариантах растения проросли на все 100%. Через 20 дней после посадки микроклубней высота ботвы растений составляла 9-14 см. Высадку рассады в открытый грунт проводили, когда растение окрепло, имело мощный стебель с хорошо развитой листовой поверхностью, достигло высоты 25-30 см и когда полностью отсутствовала угроза заморозков. Растения высаживали в почву с комом тепличного грунта, что существенно улучшало приживаемость. На момент высадки рассады картофель имел по 4-5 стеблей на 1 куст на всех вариантах. После высадки в грунт на 7-й день на контрольном варианте приживаемость растений снизилась до 80%.

Наибольшая высота стеблей картофеля была на варианте 5 и составляла в среднем в фазе бутонизации 55,6 см, наименьшая (49,1 см) в варианте 4 (табл. 1). Такая же тенденция наблюдалась и по количеству стеблей на один куст. Опрыскивание растений гуминовым препаратом в период вегетации значительно ускорило рост стеблей, что привело к увеличению закладки большего числа репродуктивных органов.

При формировании урожая важным параметром служит коэффициент размножения растений. Наибольшее (14,5 шт/куст) количество полученных клубней образовалось на варианте 5, наименьшее (8 шт/куст) отмечено в варианте 2 (табл. 2). Следовательно, применение гумата калия увеличивало продуктивность куста картофеля от 72,3 до 100% и коэффициент размножения от 27,8 до 34,3% по сравнению с контролем, что имеет важное значение для семеноводства. Самый высокий коэффициент размножения (превышает контроль на 34,3%) отмечен в варианте 5.

Показатель урожайности зависит от коэффициента размножения и от массы клубней, полученных с одного куста картофеля. Масса клубня является результатом ортогенеза растения. В фазе бутонизации цветение происходит максимальный прирост клубней. Наибольшую (250,9 г/куст) массу клубней сформировали растения в варианте 5, вариант 3 – 213,5 г/куст (табл. 2).

В условиях Ботанического сада обработка микроклубней изучаемым препаратом до посадки картофеля и во время вегетации оказала существенное влияние на повышение урожайности на всех вариантах. Максимальная прибавка урожая (100%) отмечена на варианте с предпосадочной обработкой микроклубней препаратом гумат калия до посадки + обработка препаратом по вегетирующим растениям

### 1. Влияние гумата калия на биометрические показатели

Вариант	Число стеблей на 1 куст, шт.	Высота стеблей, см
1. Микроклубни без обработки (контроль)	5,1	50,3
2. Предпосадочная обработка микро клубней водой	5,0	49,8
3. Микроклубни без предпосадочной обработки, опрыскивание растений по листу гуматом калия в фазу бутонизации – начала цветения (3 мл/10 л воды)	6,4	54,2
4. Предпосадочная обработка микроклубней гуматом калия 1 мл/л воды	4,8	49,1
5. Предпосадочная обработка микроклубней гуматом калия (1 мл/л) + опрыскивание растений в фазу бутонизации – начала цветения (3 мл/10 л воды)	7,3	55,6

### 2. Структура урожая в зависимости от применения гумата калия

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Масса клубней, г/раст.	По наибольшему поперечному диаметру			Число клубней, шт/раст.	По наибольшему поперечному диаметру		
			< 30 мм	30-60 мм	> 60 мм		< 30 мм	30-60 мм	> 60 мм
			средняя масса клубней, г				число клубней, шт/раст.		
1	8,3	123,9	13,5	45,6	65,1	10,8	3,8	4,5	2,5
2	3,0	45,8	15,9	29,9	-	8,0	5,2	2,3	0,5
3	14,3	213,5	6,7	119,1	87,7	10,2	1,7	6,7	1,8
4	8,2	123,3	15,4	72,3	35,6	13,8	5,1	6,5	2,2
5	16,7	250,9	7,12	84,62	159,2	14,5	2,5	7,8	4,2
НСР <sub>05</sub>	4,3	-	-						

в фазе бутонизации и начала цветения. Урожайность микроклубней в данном варианте составила 16,7 т/га, что в 2 раза больше, чем в контроле (8,3 т/га). Применение гумата калия в виде опрыскивания растений привело к увеличению урожайности на 72% и составило 14,3 т/га. Причем урожайность в большей степени зависела от массы клубней, полученных с куста, а не от их числа.

В процессе семеноводства важным является производство картофеля семенной фракции (30-60 мм для оригинального семенного материала), соответствующей ГОСТ Р 53136-2008, так как картофель данной фракции наиболее пригоден для последующего размножения в производственных условиях. Данный ГОСТ устанавливает классификацию семенного картофеля, требования в отношении его сортовых и посевных качеств, поражению вирусными и бактериальными инфекциями.

При использовании препарата гумат калия на вариантах 4 и 5 наметилась тенденция к увеличению количества клубней (13,8 и 14,5 штук с куста соответственно). Причем в варианте с предпосадочной обработкой микроклубней возрастает доля мелких клубней – до 5,1 шт/куст, а в варианте с предпосадочной обработкой + опрыскивание в фазе бутонизации – начала цветения, увеличивается количество средних клубней – 7,8 шт/куст (табл. 2). Наименьшее количество клубней фракций < 30 мм и > 60 мм ока-

залось на варианте при опрыскивании растений гуматом калия в фазе бутонизации – начала цветения (< 30 мм – 1,7 шт/куст и > 60 мм – 1,8 шт/куст), а количество клубней средней фракции достигало наибольшего значения и составляло 65,7% от общего числа. Наибольший выход (4,2 шт.) крупных клубней был на варианте 5, наименьший (0,5 шт.) – в варианте 2. Во всех вариантах с применением гумата калия преобладают клубни картофеля средней фракции. Следовательно, для наилучшей адаптации в естественных условиях и получения микроклубней, отвечающим стандартным показателям, на безвирусном семенном материале картофеля, можно использовать гуминовый препарат гумат калия в качестве предпосадочной обработки клубней и некорневой подкормки растений в фазе бутонизации-цветения в рекомендуемой производителем концентрации.

**Таким образом, применяемый препарат гумат калия оказал положительное влияние на рост и развитие картофеля сорта Жуковский ранний. Показано увеличение числа стеблей, высоты растений, увеличение выхода семенной фракции, а также рост коэффициента размножения и урожайности. Наибольший эффект от применения данного препарата был достигнут на варианте с предпосадочной обработкой микроклубней картофеля с последующим опрыскиванием растений по листу в фазы бутонизации и цветения.**

#### Литература

- Осипов А.И. и др. Перспективы селекции и семеноводства картофеля на Северо-Западе Российской Федерации / Картофелеводство в регионах России (материалы науч.-практич. конференции, Архангельск, 26-28 июня 2006 г.). – Архангельск: Архангельский НИИСХ, 2006. – С. 14-18.
- Яковлева Г.А., Коновалова Г.И., Подобед Н.И. О размножении картофеля микро- и микроклубнями // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь, 1999, № 3. – С. 48-51.
- Коновалова Г. И. Использование биотехнологических методов и приемов в современном семеноводстве картофеля / Вопросы картофелеводства. Актуальные проблемы науки и практики: науч. тр. – М., 2006. – С. 332-336.
- Сергеев С.Н. Сравнительная оценка различных по скороспелости сортов картофеля / Науч. труды ВГСХА. – Великие Луки, 2005. – С. 224-227.
- Балабко П.Н., Хуснетдинова Т.И., Головкин А.М., Черкашина Н.Ф. Влияние нетрадиционных органических удобрений на урожай картофеля в условиях Московской области // Защита картофеля, 2014, № 1. – С. 35-36.
- Мартинчик Т.Н. Влияние регуляторов роста, органических и минеральных удобрений на продуктивность картофеля на дерново-подзолистой рыхлосупесчанной почве / Картофелеводство: сб. науч. Тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – Минск, 2013, Т. 21, Ч. 2. – С. 300.
- Вахитов В.А., Шакирова Ф.М., Гилязетдинов Ш.Я. О механизмах действия природных регуляторов роста на растения пшеницы // Химия и технология применения регуляторов роста растений. – Уфа, 2001. – С. 3-19.
- Левинский Б.В. Все о гуматах. 4-е изд., перераб. И доп. – Иркутск: Корф-полиграф, 2000. – 70 с.
- Таныгин В.А. Влияние удобрений и регуляторов роста на продуктивность картофеля в условиях востока Нечерноземной зоны: автореф. дисс. к.с.-х.н.: 06.01.04. – Саранск, 2005. – 17 с.
- Комиссаров И.Д., Климова А.А., Логинов Л.Ф. Влияние гуминовых препаратов на фотосинтез и дыхание растений / Гуминовые препараты. Труды Тюменского СХИ, 1971, т. 14. – С. 200-212.
- Лучник П.А., Иванов А.Е., Меркулов А.И. Гумат натрия на посевах зерновых культур // Химия в сельском хозяйстве, 1997, № 2. – С. 28-30.
- Маркина А.В. Влияние гумата калия на накопление <sup>137</sup>Cs и макроэлементов растениями ячменя: автореф. дисс. к.б.н.: 03.00.01. – Обнинск: Всерос. науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии и агроэкологии РАСХН, 2006. – 27 с.
- Левинский Б.В., Калабин Г.А., Кушнарев Д.Ф., Бутырин М.В. Гуматы калия из Иркутска и их эффективность // Химия в сельском хозяйстве, 1997, № 2. – С. 30-32.
- Лебедева Н.В. Ускоренное размножение ранних сортов картофеля в условиях in vitro и его использование в семеноводстве Северо-Запада РФ: автореф. дисс. к.с.-х.н.: 06.01.05. – М., 2014. – 17 с.
- Андрюшина Н.А., Бацанов Н.С., Будина Л.В. и др. Методика исследований по культуре картофеля. – М.: НИИКХ, ВАСХНИЛ, 1967. – 263 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основанием статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1986. – 351 с.

## ЗАЩИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ПРОРОСТКАМ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ТЕМПЕРАТУР

<sup>1,2</sup>Н.А. Куликова, д.б.н., <sup>1</sup>О.И. Филиппова

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: philolga@mail.ru

<sup>2</sup>Институт биохимии им. А.Н. Баха Российской академии наук, e-mail: knat@darvodgeo.ru

Исследовано влияние гуминовых веществ (ГВ) на прорастание мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Московская 39 в условиях высокотемпературного (+35 °С) и низкотемпературного (+4 °С) стресса. При повышенной температуре наблюдали снижение длины побегов на 21%, а при пониженной – на 58% по сравнению с контрольными проростками. В случае корней влияние температуры было менее выражено: при ее повышении длина корней снижалась на 25%, при понижении – на 42% по сравнению с контролем. Установлено, что наиболее выраженное защитное действие ГВ в условиях температурного стресса наблюдается при концентрации 100 мг/л. При высокотемпературном стрессе внесение ГВ приводило к частичному или полному снятию стресса у проростков пшеницы, при этом фульвокислоты были более эффективны, чем гуминовые кислоты. В условиях пониженной температуры защитное действие ГВ было менее выражено, и полное снятие угнетающего действия было отмечено только в одном случае. При усилении высокотемпературного стресса путем повышения температуры до +38 °С защитное действие ГВ снижалось и было очень слабо выражено. Полученные данные свидетельствуют о том, что ГВ способны частично или полностью нивелировать высоко- и низкотемпературный температурный стрессы, а величина наблюдаемого действия зависит от величины вызываемого стресса.

**Ключевые слова:** гуминовые вещества, температурный стресс, *Triticum aestivum* L.

## MITIGATING ACTIVITY OF HUMIC SUBSTANCES IN RELATION TO WHEAT SEEDLINGS UNDER UNFAVORABLE TEMPERATURES

<sup>1,2</sup>Dr.Sci. N.A. Kulikova, <sup>1</sup>O.I. Filippova

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, e-mail: philolga@mail.ru

<sup>2</sup>A.N. Bach Institute of Biochemistry Russian Academy of Sciences, e-mail: knat@darvodgeo.ru

The influence of humic substances (HS) on the germination of common wheat *Triticum aestivum* L. cv. Moskovskaya 39 under unfavorable warmer (+35 °C) and colder (+4 °C) temperature was investigated. At elevated temperature we observed a decrease in the length of shoots by 21%, and at colder by 58% compared with the control seedlings. In the case of roots, the influence of temperature was less pronounced: at elevated temperature the length of the roots decreased by 25%, at lower by 42% compared to the control. It was found that the most pronounced mitigating effect of HS under the conditions of temperature stress was observed at a concentration 100 mg/l. When temperature increased to adverse level, the introduction of HS led to partial or complete stress mitigation in wheat, and fulvic acids were more effective than humic acids. Under conditions of lowered temperature, mitigating effect of HS was less pronounced, and the completed stress reduction was noted in only one case. When high temperature stress was facilitated by increasing temperature to +38 °C, protective efficiency of HS decreased and was very poor pronounced. The obtained data indicated that HS could partially or completely mitigate stress induced by unfavorable temperature, and the magnitude of the observed effect depended mainly on the intensity of the stress.

**Keywords:** humic substances, temperature stress, *Triticum aestivum* L.

Температура служит одним из факторов, определяющих скорость развития растений. Более 25% посевов, находящихся в зоне действия жары и засухи, имеют урожайность в 3-7 раз ниже ожидаемой [1]. Температурные сдвиги вызывают изменения структуры биополимеров, а, следовательно, скоростей биохимических реакций и физиологических процес-

сов [2]. Кроме того, при неблагоприятных температурах, как и при других стрессовых состояниях, у растений наблюдается повышение содержания активных форм кислорода (АФК), запускающих реакцию перекисного окисления липидов (ПОЛ) [1, 3].

Например, при понижении температуры до +4-5 °С наблюдается накопление перекиси водорода в

митохондриях и хлоропластах [4]. Повышение температуры, связанное с глобальным изменением климата, неизбежно должно сказаться на продуктивности сельскохозяйственных культур. Согласно существующим расчетам, в ближайшие 30-50 лет возможно повышение среднеклиматических температур на 2-3°C [5]. Одновременно с повышением средней температуры глобальное изменение климата сопровождается также экстремальными температурными явлениями, которые, как прогнозируют, будут более интенсивными, более частыми и более продолжительными [6]. В обзоре [7] указано, что экстремальные заморозки могут приводить к стерильности пшеницы и преждевременному осыпанию зерна, а экстремально высокие температуры – к уменьшению количества зерна в колосе. Поэтому поиск адаптогенов, повышающих способность растений противостоять неблагоприятным температурам, актуальная проблема современной агрохимии и сельского хозяйства.

Компенсация температурных эффектов в растении может происходить несколькими путями: за счет изменения свойств ферментов или их концентрации; путем синтеза белков теплового шока (БТШ), способствующих восстановлению нарушенной при тепловом воздействии структуры белков; модификацией липидного слоя мембран [2]. Однако следует подчеркнуть, что реакция растений на высоко- и низкотемпературный стресс неодинакова. Для выживания клеток при высокой температуре требуется наличие липидов в жидком состоянии и требуются соответствующие изменения в структуре и стабильности мембранных белков. При этом белки и липиды, адаптированные к высокой температуре, находятся соответственно в денатурированном состоянии и в состоянии твердого геля, т.е. в неадаптированном состоянии по отношению к низким температурам [8]. Это явление так называемой отрицательной сопряженной устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды, когда организм, приспосабливаясь к одному фактору, становится менее устойчивым к другим. С другой стороны, ряд изменений в растениях под действием неблагоприятных температур носит сходный характер. Это касается, прежде всего, окислительных повреждений, вызываемых избыточной продукцией АФК. Поэтому антиоксидантный защитный механизм представляет собой неотъемлемый элемент адаптации к температурному стрессу, а обработка растений антиоксидантами служит перспективным направлением повышения их устойчивости к действию неблагоприятных температур [1].

Среди агрохимикатов, активно используемых в сельском хозяйстве и обладающих выраженными антиоксидантными свойствами, особый интерес представляют гуминовые вещества (ГВ). В отличие от низкомолекулярных антиоксидантов, уникальной

особенностью ГВ является пролонгированность их антиоксидантной активности. Если в случае «классических» антиоксидантов реализация их действия обычно не превышает 6-10 мин., то ГВ в течение 40 мин. реализуют не более 50% своей антиоксидантной активности, сохраняя ее до 10 ч. и более [9].

**Цель работы** – оценка защитного действия ГВ по отношению к проросткам пшеницы в условиях неблагоприятных температур.

**Объекты и методы исследования.** Для проведения работы использовали ГВ угля, торфа и сапропеля, так как именно эти каустобиолиты служат основными источниками получения промышленных гуминовых препаратов. Всего в работе исследовали 2 препарата гуминовых кислот (ГК), полученных из угля (ГКУ1 и ГКУ2), и 2 препарата фульвокислот, выделенных из торфа и сапропеля (ФКТ и ФКС).

Исследование защитного действия ГВ в условиях температурного стресса проводили с помощью биотестирования методом проростков [10]. В качестве тест-культуры использовали пшеницу *Triticum aestivum* L. Для создания температурного стресса чашки Петри с испытуемыми растворами помещали для прорастания в термостат при температуре 35°C (высокотемпературный стресс) или 4°C (низкотемпературный стресс) на 72 ч. Через 72 ч. проводили измерение длины побегов и корней проростков пшеницы. Концентрацию ГВ варьировали в диапазоне 5-200 мг/л. В качестве контрольных использовали проростки, выращенные в течение 72 ч. в термостате при 24°C. Повторность трехкратная.

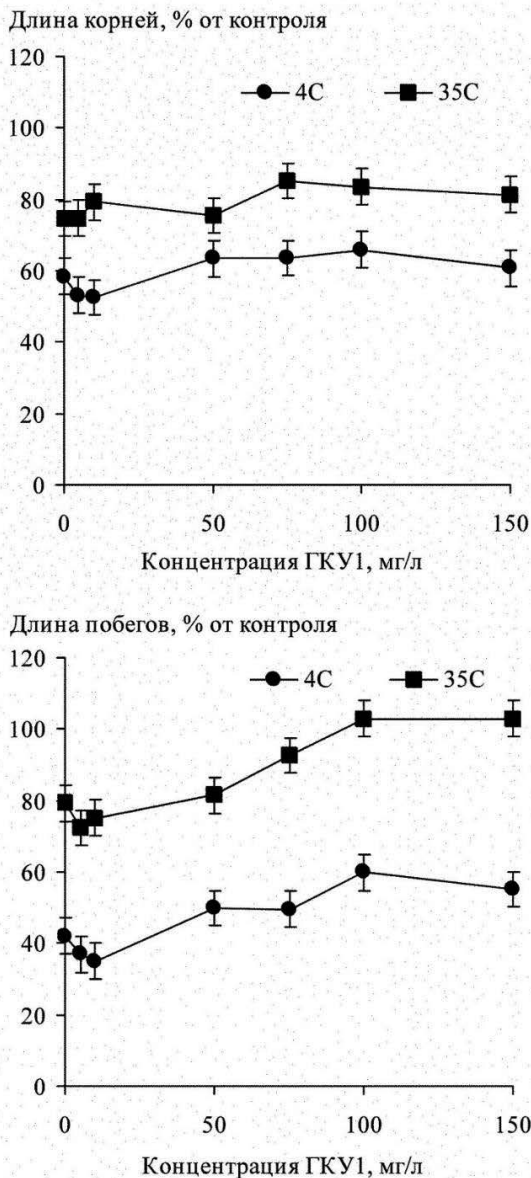
Значимость различий между полученной длиной побегов и корней оценивали на основании результатов дисперсионного анализа и значений наименьшей существенной разницы при 5% уровне значимости ( $HCp_{0,05}$ ).

**Результаты.** Установлено, что как при высоко-, так и при низкотемпературном стрессе величины длин побегов и корней проростков снижаются по сравнению с контрольным вариантом. При этом побеги оказались более чувствительны к температурному стрессу: при повышенной температуре наблюдали снижение их длины на 21%, а при пониженной – на 58%. В случае корней влияние температуры было менее выражено: при ее повышении величины длин корней снижались на 25%, а при понижении – на 42%. В целом можно сказать, что в выбранных условиях реакция проростков на понижение температуры до неблагоприятных значений была более выражена, чем при повышении температуре. Это хорошо согласуется с существующими данными о том, что под действием холода метаболизм изменяется значительно сильнее, чем при действии теплового шока [1].

Внесение ГВ приводило к возрастанию длин как побегов, так и корней пшеницы. Концентрационная

зависимость длин побегов и корней проростков в присутствии ГВ (на примере ГКУ1) при неблагоприятных температурах приведена на рисунке 1. Наиболее выраженное действие ГКУ1 в условиях температурного стресса наблюдали при концентрации 100 мг/л. Поэтому сравнение защитного действия всех исследованных препаратов проводили при указанной концентрации.

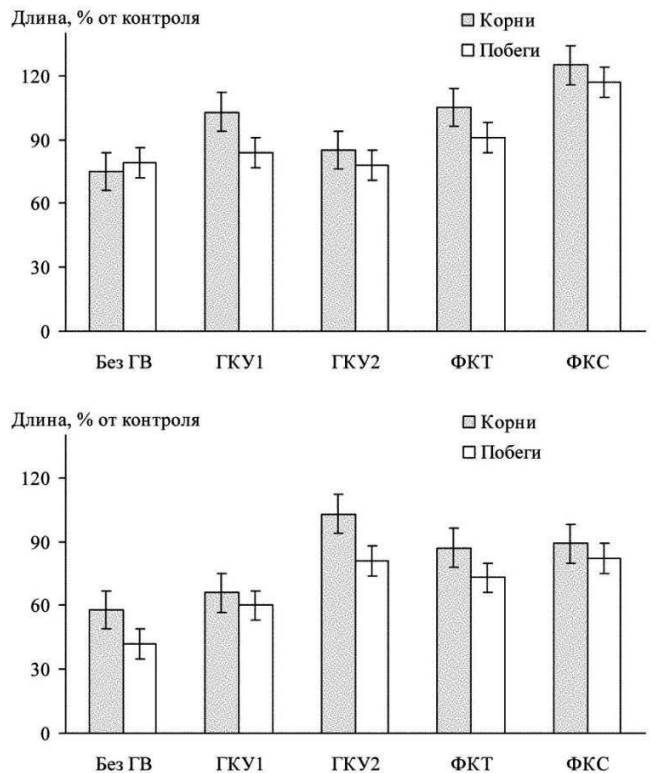
Как видно из рисунка 2, при повышении температуры до +35°C внесение ГВ приводило к частичному или полному снятию стресса у проростков пшеницы: в случае с ФК сапропеля наблюдали увеличение длины побегов до 125% от контроля. При этом ФК оказались более эффективны, чем ГК, а корни – более чувствительны к ГВ, чем побеги.



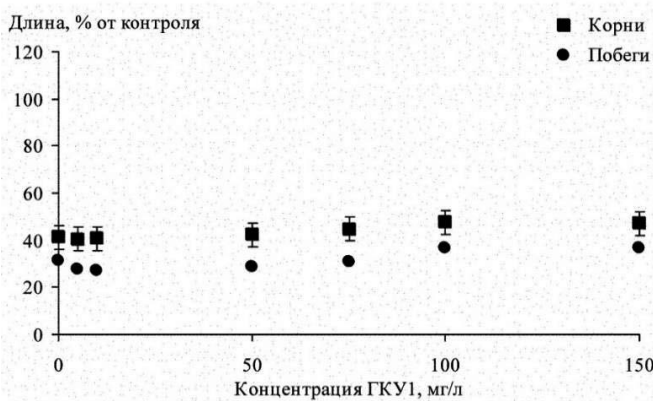
**Рис. 1.** Влияние ГКУ1 в условиях высоко- и низкотемпературного стресса на длину корней и побегов проростков мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. Планками показаны стандартные отклонения (n = 3)

Полученные данные хорошо согласуются с результатами Жанга [11], где отмечено положительное влияние ГК угля на растения мятлика *Poa pratensis* L., подвергавшиеся высокотемпературному (37°C) стрессу в течение 72 или 96 ч.

В условиях пониженных температур защитное действие ГВ было менее выражено, а полное снятие угнетающего действия было отмечено только в одном случае – при использовании ГКУ2. Наблюдаемый эффект объясняется тем, что в выбранных условиях проведения экспериментов пониженная температура была очень сильным стрессором для прорастающих семян. Согласно [12], время прорастания семян при температурах ниже 5°C может значительно превышать 72 ч. и увеличиваться до 7 сут. В наших экспериментах величина стресса, вызываемая пониженной температурой, значительно превышала величину стресса при повышенной температуре (рис. 1), что затрудняет сравнительный анализ полученных результатов. Поэтому нами дополнительно были приведены эксперименты при температуре 38°C, когда мы ожидали более выраженного высокотемпературного стресса.



**Рис. 2.** Защитное действие ГВ различного происхождения по отношению к проросткам мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. в условиях высоко- (вверху) и низкотемпературного (внизу) стрессов. Планками показаны НСР<sub>0,05</sub>



**Рис. 3. Влияние ГКУ1 в условиях высокотемпературного стресса (38°C) на длину корней и побегов проростков мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. Планками показаны стандартные отклонения (n = 3)**

Как видно из рисунка 3, при повышении температуры с 35 до 38°C наблюдали усиление угнетения развития как корней, так и побегов проростков пшеницы: при температуре 38°C длина корней снизилась почти на 60% от контрольной, длина побегов – почти на 70%. Аналогичные величины при температуре 35°C составили соответственно 25 и 22%. При этом защитное действие ГВ при температуре 38°C было очень слабо выражено: наблюдаемое максимальное увеличение длин корней и побегов проростков составило всего (6±4)% и (7±4)% и статистически значимо не отличалось от варианта без внесения ГВ. Полученные данные свидетельствуют о том, что ГВ способны частично или полностью нивелировать высоко- и низкотемпературный температурный стресс, а величина наблюдаемого действия зависит от величины вызываемого стресса. Следует особо подчеркнуть, что в проведенных нами исследованиях ГВ способствовали адаптации растений к стрессовым факторам, вызывающим разнонаправленные ответные реакции в растениях. Это указывает на неспецифическую природу защитного действия ГВ и хорошо согласуется с существующим значительным количеством экспериментального материала, свидетельствующего о проявлении ГВ адаптогенных свойств по отношению к растениям, находящимся в условиях самых разнообразных абиотических физико-химических стрессов: неблагоприятных значениях кислотности среды, повышенных и пониженных температурах,

засухе, переувлажнении, избыточном или недостаточном минеральном питании [13, 14].

Христовой Л.А. [15] была высказана гипотеза, что «физиологически активные гуминовые вещества повышают сопротивляемость растений не к каким-то определенным факторам внешней среды, а поднимают их общую резистентность. Или другими словами – физиологически активные гуминовые вещества повышают общую неспецифическую сопротивляемость организма». Основой такого представления послужили экспериментальные данные о том, что стимулирующее действие ГВ на жизнедеятельность растений эффективнее проявляется в экстремальных условиях. На основании многочисленных экспериментов Л.А. Христова приходит к выводу, что под воздействием ГВ растительный организм приобретает повышенную способность к репарационным процессам на уровне клетки, чем и объясняется повышение неспецифической резистентности растений в целом. Известно, что вне зависимости от вида стрессового воздействия первой неспецифической реакцией растений является сверхпродукция АФК и развитие окислительного стресса, провоцирующего цепной процесс разрушения мембран, обусловленный ПОЛ [1-3]. Один из основных классов антиоксидантов липидной фазы в растениях представлен фенольными соединениями, в частности, полифенолами, имеющими в своей структуре единицы, сходные с входящими в ГВ структурами [16]. При этом для ГВ веществ показано, с одной стороны, их преимущественное накопление в липидной фазе растений [17], с другой, выраженная антиоксидантная активность [9]. На основании полученных результатов можно высказать предположение, что антиоксидантная активность ГВ может быть основным механизмом протекторной активности ГВ в условиях неблагоприятных температур. Однако проверка высказанного предположения требует дополнительных экспериментов.

**Таким образом, ГВ способны частично или полностью нивелировать высоко- и низкотемпературный стресс. Величина наблюдаемого защитного действия ГВ зависит от величины стресса. Высказано предположение, что антиоксидантная активность ГВ может быть основным механизмом их протекторной активности в условиях неблагоприятных температур, однако проверка высказанного предположения требует проведения дополнительных экспериментов.**

Работа (в части выделения ГВ) выполнена при поддержке РФФИ, проект 16-04-01753А.

#### Литература

1. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник. – М.: Дрофа, 2010. – 638 с.
2. Алехин Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. Физиология растений: учебник для студ. вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 640 с.
3. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. – М.: КДУ, 2007. – 140 с.

4. Aroca R., Irigoyen J.J., Sanchez-Diaz M. Photosynthetic characteristics and protective mechanisms against oxidative stress during chilling and subsequent recovery in two maize varieties differing in chilling sensitivity // *Plant Sci.*, 2001, 161. – P. 719-726.
5. Hatfield J.L., Prueger J.H. Temperature extremes: effect on plant growth and development // *Weather and Climate Extremes*, 2015, 10. – P. 4-10.
6. Meehl G.A., Stocker T.F., Collins W.D., Gaye A.J., Gregory J.M., Kitoh A., Knutti R., Murphy J.M., Noda A., Raper S.C.B., Watterson J.G., Weaver A.J., Zhao Z. Global Climate Projections. In: Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York, NY, 2007.
7. Barlow K.M., Christy B.P., O'Leary G.J., Riffkin P.A., Nuttall J.G. 2015. Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: a review // *Field Crops Res.*, 2015, 171. – P. 109-119.
8. Ипатова В.И. Адаптация водных растений к стрессовым абиотическим факторам среды. – М.: «Графикон-принт», 2005. – 224 с.
9. Klein O.I., Kulikova N.A., Filimonov I.S., Koroleva O.V., Konstantinov A.I. Long-term kinetics study and quantitative characterization of the antioxidant capacities of humic and humic-like substances // *J. Soils Sediments*, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1538-7>.
10. Klein O.I., Kulikova N.A., Stepanova E.V., Filippova O.I., Fedorova T.V., Maloshenok L.G., Filimonov I.S., Koroleva O.V. Preparation and characterization of bioactive products obtained via the solubilization of brown coal by white rot fungi // *Appl. Biochem. Microbiol.*, 2014, 50(7). – P. 730-736.
11. Zhang X., Ervin E.H., Schmidt R.E. Plant growth regulators can enhance the recovery of Kentucky bluegrass sod from heat injury // *Crop Sci.*, 2003, 43. – P. 952-956.
12. Lafond G.P., Fowler D.B. Soil temperature and moisture stress effects on kernel water uptake and germination of winter wheat // *Agron. J.*, 1989, 81(3). – P. 447-450.
13. Горовая А.И., Орлов Д.С., Щербенко О.В. Гуминовые вещества. Строение, функции, механизма действия, протекторные свойства, экологическая роль. – Киев: Наукова Думка, 1995. – 302 с.
14. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование. – СПб.: Изд-во С.-Пб. ун-та, 2004. – 258 с.
15. Христева Л.А. Действие физиологически активных гуминовых кислот на растения при неблагоприятных внешних условиях / Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения, 1973, т. 4. – С. 5-23.
16. Орлов Д.С. Химия почв. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 259 с.
17. Kulikova N.A., Badun G.A., Korobkov V.I., Chernysheva M.G., Tsvetkova E.A., Abroskin D.P., Konstantinov A.I., Zaitchik B.T., Ruzhitsky A.O., Perminova I.V. Accumulation of coal humic acids by wheat seedlings: Direct evidence using tritium autoradiography and occurrence in lipid fraction // *J. Plant Nutrition Soil Sci.*, 2014, 177(6). – P. 875-883.

УДК 661.162.2+504.064.2

## ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ГЕРБИЦИДА ИМАЗАМОКСА В ПОЧВАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

<sup>1</sup>О.И. Филиппова, <sup>1,2</sup>Н.А. Куликова, д.б.н.

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: philolga@mail.ru

<sup>2</sup>Институт биохимии им. А.Н. Баха Российской академии наук, e-mail: knat@darvodgeo.ru

*Проведено изучение фитотоксичности гербицида класса имидазолинонов имазамокса в почвах различной типовой принадлежности с помощью лабораторных методов биотестирования. Точность метода проростков не зависела от используемого тест-отклика и в среднем составляла 5%, что позволяет характеризовать ее как хорошую. Точность лабораторно-вегетационного метода биотестирования зависела от используемого тест-отклика и изменялась от 7% при учете длины побегов до более 10% при учете надземной сырой биомассы; в последнем случае точность метода характеризуется как неудовлетворительная, а показатель биомассы не может быть рекомендован в качестве индикаторного. На основании сопоставления метрологических характеристик исследованных методов биотестирования и принимая во внимание большие трудозатраты и более продолжительное время, необходимое для проведения биотестирования методом лабораторно-вегетационных экспериментов по сравнению с методом проростков, для предварительного определения содержания Имазамокса в почве может быть рекомендован метод проростков. Показано, что фитотоксичность пульсара в почвах снижается с увеличением содержания органического вещества и физической глины, что связано с адсорбцией гербицида на этих почвенных компонентах.*

**Ключевые слова:** Имазамокс, Пульсар, имидазолиноны, фитотоксичность, биотестирование.

ASSESSMENT OF HERBICIDE IMAZAMOX PHYTOTOXICITY IN SOIL  
USING DIFFERENT BIOASSAY METHODS<sup>1</sup>O.I. Filippova, <sup>1,2</sup>Dr.Sci. N.A. Kulikova<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, e-mail: philolga@mail.ru<sup>2</sup>A.N. Bach Institute of Biochemistry Russian Academy of Sciences, e-mail: knat@darvodgeo.ru,

*The study of phytotoxicity of imidazolinone herbicide imazamox in soils of various types has been performed by means of laboratory bioassay techniques. The accuracy of the method of seedlings in soil did not depend on the used response and was 5% at an average, what allowed characterizing accuracy as good. The accuracy of the laboratory-vegetative method of bioassay related greatly to the used response and varied from 7% to more than 10% when the shoots' length or fresh biomass were used; in the latter case, the accuracy of the method was characterized as unsatisfactory, and so biomass could not be recommended as an indicator for imazamox bioassay. Based on the comparison of the metrological characteristics of the examined bioassay techniques and taking into account the great labor- and time consumption of pot vegetation experiments, bioassay with seedlings seems can be recommended for the preliminary determination of imazamox in the soils. Phytotoxicity of the imazamox in soils was demonstrated to decrease along with increasing contents of organic matter and clay apparently due to adsorption of the herbicide on these soil components.*

**Keywords:** imazamox, pulsar, imidazolinone, phytotoxicity, bioassay.

Производство, применение и ассортимент химических средств контроля численности сорных растений с каждым годом увеличивается, поэтому проблема загрязнения почв и сопредельных сред гербицидами приобретает все большую актуальность. Особый интерес представляют гербициды нового поколения из класса производных имидазолинонов, которые отличаются высокой селективностью к широкому спектру сорных растений при нормах расхода, не превышающих десятки граммов на гектар. Несмотря на низкие дозы внесения, имидазолиноны могут представлять опасность для последующих культур севооборота в течение длительного времени, что обусловлено высокой токсичностью этих гербицидов в почве даже в низких концентрациях.

Один из наиболее широко применяемых гербицидов класса имидазолинонов – Имазамокс ((RS)-2-(4-изопропил-4-метил-5-оксо-2-имидазолин-2-ил)-5-метоксиметил никотиновая кислота (ИЮПАК)), зарегистрированный в России в 2000 г. для применения на посевах сои и гороха под торговым названием пульсар с максимальной дозой внесения 45 г д.в/га. Наряду с Пульсаром, Имазамокс является также действующим веществом таких гербицидов, как Глобал, Гермес, Зодиак, Зонатор, Имазабел, Юнкер и др. [1].

Имазамокс относится к гербицидам избирательного действия, ингибирующим синтез ацетолактат-синтазы, что приводит к снижению в растительных тканях уровня аминокислот с разветвленной углеродной цепью – валина, лейцина и изолейцина – с последующим нарушением синтеза белка и нуклеиновых кислот. В полевых условиях гербицидная активность Имазамокса в почве сохраняется от нескольких недель до нескольких месяцев после его применения в зависимости от почвенно-климатических условий, доз, сроков и способов применения. При этом основная часть внесенного гербицида ак-

кумулируется в слое почвы 0-10 см [2]. Основные пути деградации Имазамокса – фотолиз и аэробное микробиологическое разложение. Период полуразложения Имазамокса в почве в результате фотолиза составляет 65 сут., микробиологическое разложение происходит значительно медленнее: период полуразложения при аэробных условиях в суглинистых почвах может достигать 975 сут., а в анаэробных – Имазамокс не деградирует [3]. Разложение Имазамокса в почвах с пониженной влажностью также не происходит [4]. Экологическая оценка поведения Имазамокса в почвах разных регионов РФ показала, что после внесения гербицида его разложение идет достаточно быстро (период полуразложения 12-41 сут.), но в дальнейшем скорость разложения резко снижается [2]. Таким образом, для Имазамокса остро стоит проблема негативного действия остаточных количеств. Так как к культурам, устойчивым к Имазамоксу, относятся только бобовые и подсолнечник [5], то актуальна оценка фитотоксичности почвы после его внесения в связи возможным негативным влиянием на культуры севооборота, посев или посадку которых планируется проводить в сезон, следующий за внесением Имазамокса [6].

Инструментальные методы определения Имазамокса трудоемки и требуют специальной аппаратуры, поэтому с их помощью часто невозможно контролировать все обрабатываемые гербицидами поля оперативно. В связи с этим для практического растениеводства предпочтительнее использование методов биотестирования. Особо следует подчеркнуть, что в случае Имазамокса методы биотестирования могут оказаться чувствительнее инструментальных. Согласно существующим данным, предел обнаружения Имазамокса в почве методом высокоэффективной жидкостной хроматографии составил 0,001 мг/кг, а методом проростков – 0,0001 мг/кг [7].

**Цель работы** – изучение фитотоксичности гербицида класса имидазолинонов Имазамокса в почвах различной типовой принадлежности с использованием биотестирования методом проростков и методом лабораторно-вегетационных экспериментов.

**Объекты и методы.** Для исследования были отобраны три почвенных образца (в зонах дерново-подзолистых почв, серых лесных почв и зоне черноземов типичных), каждый из которых был составлен из пяти индивидуальных проб. Индивидуальные пробы (каждая около 2 кг) отбирали с почвенного участка площадью примерно 5 м<sup>2</sup> из верхнего гумусированного горизонта на глубине 3-20 см. В варианте с дерново-подзолистой почвой предварительно удаляли слой подстилки. Почву высушивали до воздушно-сухого состояния и пропускали через сито с размером ячеек 5 мм. Из подготовленной почвы составляли смешанный образец для проведения биотестирования и химического анализа с использованием общепринятых методик [8, 9]. Характеристика почв и использованные в работе обозначения приведены в таблице 1.

Биотестировали гербицид пульсар, представляющий собой 4% водный концентрат Имазамокса (BASF, Германия). В качестве тест-культуры использовали пшеницу мягкую *Triticum aestivum* L., сорт Московская 39.

Для исследования фитотоксичности методом проростков в чашки Петри помещали по 50 г почвы и вносили водный раствор гербицида в дозах 0,069; 0,138; 0,276; 0,575; 1,15; 2,3 и 4,6 мг/кг почвы. Почвы тщательно перемешивали. Чашки Петри ставили на ребро и выравнивали почву так, чтобы нижняя половина чашки Петри была занята почвой, а верхняя половина – свободна от нее. По поверхности почвы проводили бороздку, в которую укладывали 10 предварительно пророщенных (25°С, 12 ч.) семян пшеницы, ориентируя корни в сторону почвы, а побеги – в незаполненную почвой часть чашки. Затем чашки помещали в термостат на 72 ч. при температуре 25°С, ставя чашки на ребро так, чтобы бороздка находилась в горизонтальном положении. В качестве тест-отклика использовали длину корней и побегов проростков. Повторность трехкратная.

Для исследования фитотоксичности пульсара лабораторно-вегетационным методом в пластиковые сосуды помещали 100 г почвы, в которую при тщательном перемешивании вносили по 20 мл дистиллированной воды (контроль) или водного раствора гербицида для создания в почве концентраций 0,069; 0,138; 0,276; 0,575; 1,15; 2,3 и 4,6 мг/кг. Затем на поверхность почвы помещали откалиброванные предварительно пророщенные (25°С, 12 ч.) семена пшеницы в количестве 10 семян на сосуд. Семена присыпали слоем песка 1 см. Продолжительность выращивания растений составляла 30 сут.,

освещение дневное. Влажность почвы поддерживали на уровне 70% ПВ путем полива водопроводной водой каждые 3 дня. В качестве тест-отклика использовали длину побегов и сырую надземную биомассу. Повторность трехкратная.

По полученным результатам строили зависимости «доза-эффект», на основании которых рассчитывали показатель ED50 – концентрацию гербицида, вызывающую снижение величины тест-отклика на 50%. Для этого проводили аппроксимацию данных к уравнению вида:

$$\text{Эффект} = a \cdot \lg(\text{концентрация имазамокса, мг/кг}) + b, \quad (1)$$

где: *Эффект* – величина тест-отклика в % от контроля; *a* и *b* – эмпирические коэффициенты.

Полученные результаты биотестирования подвергали стандартной статистической обработке [10] с расчетом арифметического среднего и среднеквадратического отклонения среднего. Среднеквадратическое отклонение среднего  $s_{\bar{x}}$  рассчитывали как:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n n_i (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}, \quad (2)$$

где:  $\bar{x}$  – среднее, *n* – количество измерений,  $x_i$  – *i*-тое измерение.

Относительную ошибку выборочного среднего, или «точность опыта» *P*, вычисляли на основании следующей формулы:

$$P = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100\% \quad (3)$$

Значимость различий между получаемыми величинами ED50 оценивали на основании результатов дисперсионного анализа и значений наименьшей существенной разницы при 5% уровне значимости ( $НСР_{0,05}$ ).

**Результаты.** В ряду изученных почв содержание органического углерода варьировало от 1,5 (П<sup>Д</sup>) до 5,8% (Ч<sup>Т</sup>), что хорошо согласуется с литературными данными [11]. Наименьшее значение рН<sub>Н2О</sub> было характерно для П<sup>Д</sup> (4,6), наибольшее – для Ч<sup>Т</sup> (6,6). Содержание физической глины (< 0,01 мм) в исследованных образцах почв изменялось от 25,1 (П<sup>Д</sup>) до 55,2% (Ч<sup>Т</sup>), содержание илистой фракции (< 0,001 мм) – от 8,6 (П<sup>Д</sup>) до 28,4% (Ч<sup>Т</sup>). Принимая во внимание максимальное содержание органического углерода и физи-

**1. Использованные в работе почвы, их обозначения и некоторые характеристики**

рН <sub>Н2О</sub>	Сорг., %	Ил, %	Физическая глина, %	Грансостав
П <sup>Д</sup> – дерново-подзолистая (Московская обл., Солнечногорский р-н)				
4,6	1,5	8,6	25,1	Легкий суглинок
СЛ – серая лесная (Московская область, городской округ Озеры)				
6,4	1,9	15,5	35,8	Средний суглинок
Ч <sup>Т</sup> – чернозем типичный (Воронежская обл., Таловский р-н)				
6,6	5,8	28,4	55,2	Тяжелый суглинок

## 2. Фитотоксичность Имазамокса в различных почвах, определенная методом проростков

Почва	Корни			Побеги		
	ED50	HCP <sub>0,05</sub>	точность опыта, %	ED50	HCP <sub>0,05</sub>	точность опыта, %
П <sup>d</sup>	0,05	0,07	4,7	0,62	0,2	4,9
СЛ	0,05		5,5	0,45		7,4
Ч <sup>Г</sup>	0,35		4,7	1,51		4,5

ческой глины – параметров, в наибольшей степени влияющих на токсичность, проявляемую гербицидом в почве – можно предположить, что в ряду изучаемых почв на черноземе будет наблюдаться минимальная фитотоксичность пульсара, а на дерново-подзолистой – максимальная.

При оценке фитотоксичности Имазамокса методом проростков зависимости «доза-эффект» в логарифмической шкале хорошо описывались линейными зависимостями (рис. 1), что позволило рассчитать показатель ED50 для всех исследованных почв (табл. 2).

Установлено, что корни побегов более чувствительны к действию Имазамокса, чем побеги, на всех исследованных почвах. Величина ED50, рассчитанная для различных почв на основании данных о снижении длин корней, колебалась в пределах 0,05-0,35 мг/кг, тогда как аналогичные величины, вычисленные с использованием данных о дли-

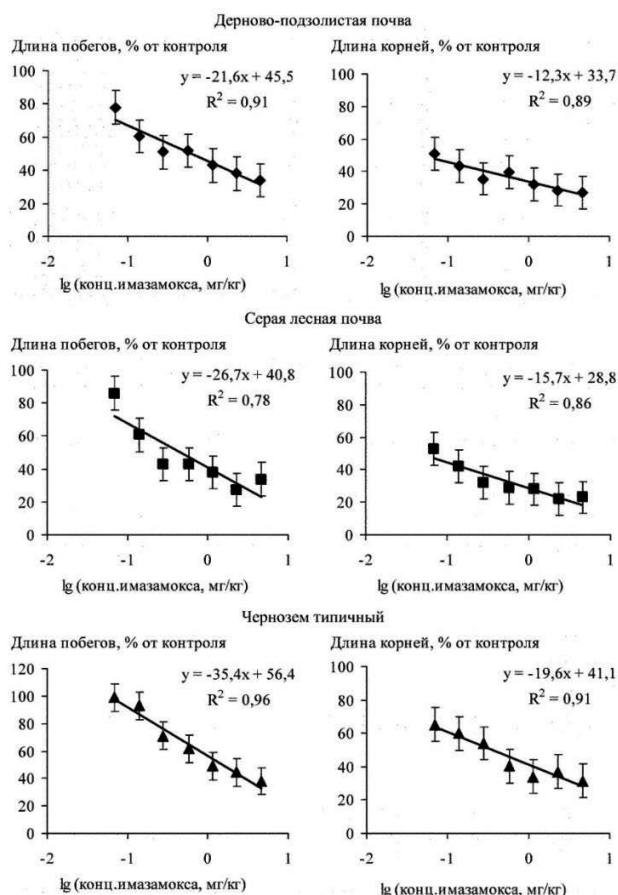


Рис. 1. Зависимости «доза-эффект» для Имазамокса в различных почвах при биотестировании методом проростков

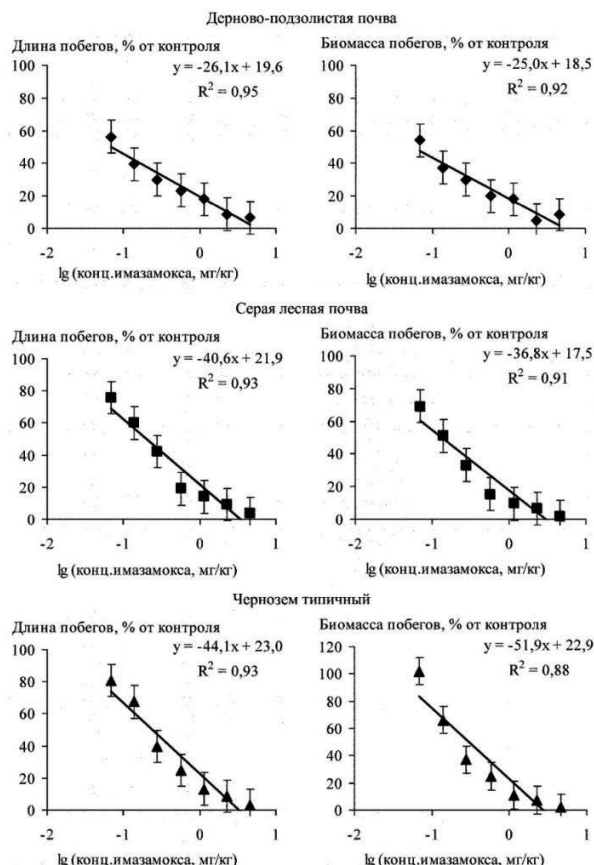


Рис. 2. Зависимости «доза-эффект» для Имазамокса в различных почвах при биотестировании лабораторно-вегетационным методом

не побегов, изменялись от 0,45 до 1,51 мг/кг. Наблюдаемое явление можно объяснить тем фактом, что в выбранных условиях поступление Пульсара в растения происходило через корневую систему, поэтому гербицидное действие на побегах проростков было менее выраженным. Рассчитанная точность метода проростков составила в среднем 5%, что позволяет охарактеризовать ее как хорошую, а метод как достаточно точный [12].

Наименьшее значение ED50 Пульсара, вычисленное на основании данных по длине побегов проростков, наблюдали для дерново-подзолистой почвы, наибольшее – для чернозема, что соответствует теоретически предсказанной зависимости фитотоксичности гербицида от почвенных свойств. Для ED50, полученных при использовании в качестве тест-отклика длины корней проростков, максимальное значение было зарегистрировано в черноземе, тогда как дерново-подзолистая и серая лесная

### 3. Фитотоксичность имазамокса в различных почвах, определенная лабораторно-вегетационным методом

Почва	Биомасса			Побеги		
	ED50	НСР <sub>0,05</sub>	точность опыта, %	ED50	НСР <sub>0,05</sub>	точность опыта, %
П <sup>Д</sup>	0,06	0,05	10,9	0,07	0,04	6,2
СЛ	0,13		20,1	0,20		8,6
Ч <sup>Г</sup>	0,30		9,4	0,25		7,1

почвы не отличались по этому показателю. На основании величины ED50 почвы можно расположить в следующий ряд по фитотоксичности, проявляемой на них Пульсаром: П<sup>Д</sup> > СЛ > Ч<sup>Г</sup>.

Снижение фитотоксичности Имазамокса наблюдали при возрастании содержания в почвах органического вещества и фракции физической глины, что хорошо согласуется с существующими данными о роли этих почвенных компонентов в детоксикации имидазолиновых гербицидов [13]. Оценка фитотоксичности Имазамокса в почве с помощью лабораторно-вегетационных экспериментов показала, что при увеличении концентрации Пульсара в почве происходило снижение как длины побегов растений, так и их биомассы. Полученные зависимости «доза-эффект» в логарифмической шкале для всех исследуемых почв и показателей хорошо описывались линейной зависимостью, как и в случае биотестирования методом проростков (рис. 2).

Из данных таблицы 3 видно, что действие Имазамокса на корни и биомассу пшеницы в лабораторно-вегетационных опытах изменяется в зависимости от типа почвы так же, как и в методе проростков. В черноземе фитотоксичность Пульсара была наименьшей, а в дерново-подзолистой – максимальной. При этом установленная тенденция не зависела от выбранного тест-отклика и в отличие от результатов, полученных при биотестировании по методу проростков, значения ED50 значительно отличались для всех исследованных почв. На основании полученных значений величин ED50 исследованные почвы можно расположить ряд по фитотоксичности, проявляемой на них Имазамоksom, полностью совпадающий с таковым, составленным на основании биотестирования по методу проростков: П<sup>Д</sup> > СЛ > Ч<sup>Г</sup>.

Выбранные нами методы биотестирования дают сходные данные об изменении уровня фитотоксичности Имазамокса в почвах. Другими словами, оба использованных метода могут быть использованы для предварительной оценки содержания гербицида в почвах. Однако статистическая обработка данных показала, что при использовании в качестве тест-отклика сырой надземной биомассы растений точность опыта превышает 10%, т.е. не может быть признана удовлетворительной, а показатель биомассы не может быть рекомендован к использованию. Точность опыта при использовании в качестве тест-отклика длины растений, в свою очередь, составляла около 7%, т.е. может быть охарактеризо-

вана как удовлетворительная [12]. Однако указанный показатель превышал таковую, полученную при биотестировании по методу проростков.

*Таким образом, суммируя метрологические характеристики методов биотестирования Пульсара в почве, можно сделать вывод о том, что точность метода проростков лучше, чем точность лабораторно-вегетационных экспериментов. Принимая во внимание большие трудозатраты и более продолжительное время, необходимое для биотестирования методом лабораторно-вегетационных экспериментов по сравнению с методом проростков, последний может быть рекомендован для предварительного определения содержания Имазамокса в почве.*

#### Литература

1. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М.: Агрорус, 2017. – 938 с.
2. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. и др. Рекомендации по применению имидазолиновых гербицидов на посевах зернобобовых культур в России. – М.: ЗАО БАСФ, 2003. – 95 с.
3. European Commission. Imazamox. Final review report for the active substance Imazamox (SANCO/4325/2000). – Brussels, Belgium: EC Health and Consumer Protection Directorate, 2002. – 24 p.
4. Ball D.A., Yenish J.P., and Alby T. Effect of Imazamox soil persistence on dryland rotational crops // Weed Technology, 2003, № 17. – P. 161-165.
5. Janjić, V. & Elezović, I. (Eds.). Pesticides in Agriculture and Forestry in Serbia. – Plant Protection Society of Serbia, 2016. – 729 p.
6. Umiljendić J.G., Sarić-Krsmanović M., Šantrić L., Radivojević L. The effect of soil type on imazamox phytotoxicity to tomato // Pestic. Phytomed., 2015, 30(4). – P. 217-224.
7. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. – Голицыно: РАСХН-ВНИИФ, 2004. – 243 с.
8. Воробьева Л.А. Химический анализ почв: учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 272 с.
9. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
10. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. – М.: МГУ, 1995. – 320 с.
11. Почвоведение. Ч. 2. Типы почв, их география и использование / Под ред. Ковды В.А., Розанова Б.Г. – М.: Высшая школа, 1988. – 368 с.
12. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
13. Ларина Г.Е., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Влияние физико-химических свойств и гидротермического режима почвы на детоксикацию имидазолиновых гербицидов // Агрохимия, 2003, № 11. – С. 78-84.

## СПЕЦИФИКА ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

**Т.Г. Добровольская, к.б.н., Т.И. Хуснетдинова, к.б.н., П.М. Савицкая,  
Н.А. Манучарова, д.б.н., А.В. Якушев, к.б.н.**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: dobrtata@mail.ru*

*Определен спектр доминирующих в составе эпифитных бактериальных сообществ культур на 5 видах лекарственных растений путем анализа нуклеотидных последовательностей генов 16S рРНК. Большинство выявленных таксонов бактерий впервые обнаружены на лекарственных растениях. Установлена низкая доля бактерий гидролитического комплекса. Этот факт подтвержден при использовании структурно-функционального метода, позволившего выявить близость физиологического разнообразия исследуемого бактериального комплекса к таковому филлоосферы лишайников и альгосферы водорослей. Дан анализ экологических функций бактерий, доминирующих на лекарственных растениях.*

**Ключевые слова:** лекарственные растения, эпифитные бактерии, таксоны, физиологическое разнообразие, экологические функции.

## SPECIFICITY OF TAXONOMIC COMPOSITION OF BACTERIAL COMMUNITIES OF MEDICINAL PLANTS AND THEIR ECOLOGICAL SIGNIFICANCE

*Ph.D. T.G. Dobrovolskaya, Ph.D. T.I. Khusnetdinova, Ph.D. P.M. Savitskaya,  
Dr.Sci. N.A. Manucharova, Ph.D. A.V. Yakushev*

*Lomonosov Moscow State University, e-mail: dobrtata@mail.ru*

*The spectrum of cultures dominating in the composition of epiphytic bacterial communities was determined on 5 types of medicinal plants by analyzing the nucleotide sequences of the 16S rRNA genes. Most of the detected bacterial taxa were first found on medicinal plants. A low proportion of bacteria in the hydrolytic complex is established. This fact is confirmed by the use of the structural and functional method, which made it possible to reveal the closeness of the physiological diversity of the bacterial complex under investigation to that of the phyllosphere of lichens and the algal alga. The ecological functions of bacteria dominating on medicinal plants are analyzed.*

**Keywords:** medicinal plants, epiphytic bacteria, taxon, physiological diversity, ecological functions.

Большое количество многолетних лекарственных растений относительно недавно введено в культуру или находятся в процессе окультуривания, поэтому они еще не утратили своих свойств дикорастущих мелкосеменных растений. Выращивание таких растений – трудоемкий и экологически небезопасный процесс, требующий системного подхода к созданию плантаций промышленного масштаба. В диссертации Д.И. Семенихина [1] предложен экономически обоснованный и экологически безопасный агрокомплекс по возделыванию многолетних лекарственных культур в совместных посевах с однолетними сельскохозяйственными растениями. Предложенные технологии позволяют повысить в 1,5-2 раза эффективность использования пашни и снизить себестоимость производства лекарственного сырья и семенного материала. Следует отметить, что для культурных растений выявлена положительная роль эпифитных бактерий – они обладают антибиотической активностью, за-

щищая их от фитопатогенов, и стимулируют выработку фитогормонов. Бактериальным сообществам лекарственных растений посвящены единичные работы [2-4]. Особую значимость приобретает изучение состава и функций эпифитных бактерий лекарственных растений в связи с их совместным выращиванием с сельскохозяйственными культурами, что и определило цель наших исследований.

**Объекты и методы.** Исследования проводили в Солнечногорском районе Московской области, на территории Учебно-опытного почвенно-экологического центра МГУ им. М.В. Ломоносова «Чашниково». Объектами исследования были: лен обыкновенный (посевной) – *Linum usitatissimum*, семейство льновые (*Linaceae*), эхинацея пурпурная – *Echinacea purpurea*, семейство сложноцветные (*Asteraceae*), фенхель обыкновенный – *Foeniculum vulgare*, семейство зонтичные (*Apiaceae*). Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва, сформированная на моренных отложениях, имела следующую

щую характеристику: гумус 6,05%;  $pH_{KCl}$  6,8;  $P_2O_5$  360,9 мг/кг;  $K_2O$  490,0 мг/кг;  $NH_4$  13,4 мг/кг;  $NO_3$  92,6 мг/кг; Ca 22,5 мг-экв/100 г; Mg 3,5 мг-экв/100 г. Согласно агрохимическим показателям почву опыта можно отнести к группе хорошо окультуренных почв, обладающих высоким уровнем плодородия.

Микроделяночный опыт закладывали во 2-ой декаде мая. Посев фенхеля обыкновенного, льна и эхинацеи пурпурной проводили на защитных полосах между деланками картофеля. Глубина заделки семян 2-4 см. Норма высева льна 4-5 г/м<sup>2</sup> всхожих семян, норма высева семян фенхеля 2-4 г/м<sup>2</sup>. Эхинацею пурпурную исследовали на втором году вегетации. Повторность опыта трехкратная, размещение систематическое. Площадь деланки 3,2 м<sup>2</sup> (3,0 x 0,8), учетная – составляла 1 м<sup>2</sup>. Агротехнический уход за растениями на опытных деланках заключался в проведении прополки от сорняков и рыхлении междурядий.

Анализировали листья, корни, цветки, семена исследуемых растений и почву под ними. Образцы отбирали на стадии всходов, цветения и созревания семян. Смешанный образец растительных субстратов по 0,4 г взвешивали и вносили в колбы, содержащие 40 мл стерильной воды. Для предварительной десорбции микроорганизмов из почвенных образцов использовали прибор Вортекс. Численность и таксономический состав бактериального комплекса исследовали методом посева. Посев проводили в трехкратной повторности из разведений  $10^3$ - $10^5$  на глюкозо-пептонно-дрожжевую среду. Состав среды: пептон – 0,5 г, глюкоза – 0,5 г, дрожжевой экстракт – 0,5 г, гидролизат казеина – 0,5 г, агар – 10 г, мел – 5 г, вода – 500 мл. В данную среду вносили 50 мг нистатина для ингибирования грибов. Культивирование вели в течение 7-10 суток при комнатной температуре. После подсчета общего числа колоний и предварительной микроскопии из большинства колоний готовили препараты и просматривали их в световом микроскопе с фазово-контрастным устройством (ЛОМО, Микмед-2, Россия). Основных представителей всех групп выделяли в чистую культуру. Морфологические признаки изучали у молодых (24-часовых) и 3-5-суточных культур. Данные по численности бактерий выражали в колониеобразующих единицах на г субстрата (КОЕ/г), которые были вычислены по формуле:

$$\text{млн. КОЕ/г} = \frac{\text{средняя численность колоний на чашке} \times \text{разведение} \times n}{\text{количество капель в 1 мл пипетки}}$$

Родовую принадлежность выделенных бактерий устанавливали на основании морфологических, культуральных, молекулярно-биологических и хемотаксономических признаков, используя «Определитель бактерий Берджи» [5], а также «Методы оценки бактериального разнообразия почв и иден-

тификации почвенных бактерий» [6].

Экстрагирование тотальной ДНК из клеток чистых культур микроорганизмов проводили, применяя стандартные методики, модифицированные на кафедре биологии почв МГУ [7]. Для проведения полимеразной цепной реакции и дальнейшего секвенирования ПЦР-фрагментов гена 16SpPНК была использована система универсальных праймеров [8]. Для определения родов бактерий на основании анализа полученных нуклеотидных последовательностей генов 16SpPНК использовали программное обеспечение баз данных GenBank [9]. Для анализа физиологического разнообразия бактерий гидролитического блока использовали комплексный структурно-функциональный метод [10].

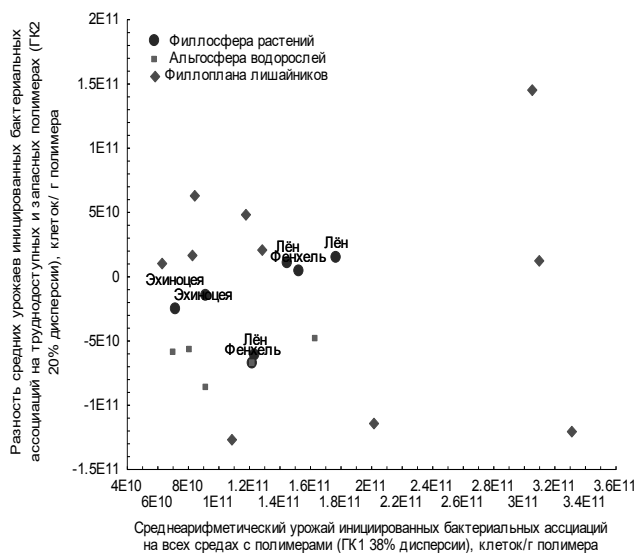
**Результаты.** На листьях льна численность бактерий эпифитного комплекса при отборе образцов в периоды всходов и цветения составила  $10^6$  КОЕ/г. В период уборки урожая наблюдали резкую вспышку численности от  $10^6$  до  $10^{11}$  КОЕ/г – почти в 2 раза. При этом самые высокие показатели концентрации эпифитных бактерий обнаружены на семенах –  $10^{12}$  КОЕ/г. На корнях льна плотность бактериальных популяций была стабильна на всех стадиях вегетации –  $10^8$  КОЕ/г. На листьях фенхеля и эхинацеи не наблюдали вспышку численности в период уборки, в отличие от льна. На всех стадиях вегетации плотность бактериальных популяций на листьях и корнях этих растений колебалась в пределах  $10^{7-8}$  КОЕ/г. Однако на семенах происходило резкое увеличение численности эпифитных бактерий – до  $10^9$  КОЕ/г у фенхеля и до  $10^{10}$  КОЕ/г у эхинацеи, т.е. на 1-3 порядка.

В период уборки урожая резкое увеличение численности эпифитных бактерий проявилось только на листьях и семенах льна. Аналогичная закономерность была установлена ранее при изучении бактериальных сообществ сельскохозяйственных растений [11], а также календулы и расторопши [12]. В почве плотность бактериальных популяций была постоянной и составляла  $1,6-6,4 \times 10^7$  КОЕ/г. Что касается пониженной, по сравнению со льном, численности эпифитных бактерий на фенхеле и эхинацее, то это связано с высоким содержанием эфирных масел и флавоноидов в тканях этих растений. Так, в листьях фенхеля концентрация эфирных масел составляет 0,5%, в семенах – 6,5%, в тканях эхинацеи оно колеблется в пределах 0,15-0,5%. Эфирные масла подавляют рост фитопатогенных бактерий, защищая тем самым растения от болезней [13].

Если проанализировать динамику таксономической структуры исследуемых нами сообществ на разных органах лекарственных растений, то следует отметить, что нет той четкой закономерности, которая была выявлена при изучении культурных растений – постепенную замену экрисотрофных

бактерий на бактерии гидролитического комплекса [14]. Исключение – корни льна, где была зафиксирована такая замена эколого-трофических групп. Возможно, что это связано с более длительным периодом жизни лекарственных растений, по сравнению с культурными. Для того, чтобы выделить бактерии, участвующие в разложении растительных тканей лекарственных растений, их следует отбирать в более поздние сроки. Низкая доля бактерий гидролитического комплекса на лекарственных растениях подтверждается исследованиями по изучению физиологического разнообразия бактериальных популяций лекарственных растений на основании структурно-функционального метода, разработанного А.В. Якушевым [10].

Установлено, что разнообразие гидролитического бактериального блока филлосферы исследованных лекарственных растений довольно низко и



### Физиологическое разнообразие гидролитического бактериального блока филлосферы лекарственных растений

близко к таковому филлосферы лишайников и альгосферы водорослей (рисунок). У эхинацеи оно ниже (за счет эфирных масел), чем у льна и фенхеля. Гидролитический бактериальный блок филлосферы лекарственных растений неспециализирован.

Чтобы оценить разнообразие доминирующих на исследованных растениях экзоситрофных бактерий был использован метод идентификации бактерий на основании анализа нуклеотидных последовательностей генов 16SpРНК. Перечень родов эпифитных бактерий, обитающих на разных органах исследованных растений, представлен в таблице, где приведены также названия бактерий, культуры которых выделены нами ранее из календулы и расторопши, но не были определены молекулярно-биологическим методом [11]. Следует отметить, что большинство представленных таксонов являются доминантами, либо субдоминантами. Многие из представленных родов бактерий выявлены впервые на лекарственных растениях, но уже известно об их экологических функциях.

Следует отметить наличие бактерий семейства *Rhizobiaceae*, обладающих высокой азотфиксирующей активностью, и представителей рода *Methylobacterium*, участвующих в процессе превращения метана. Несмотря на низкое разнообразие бактерий-гидролитиков, на листьях льна обнаружены представители рода *Massilia*, обладающие целлюлолитической и хитиназной активностью. Бактерии рода *Sphingomonas*, принадлежащие, как и мегилотрофы, к филогнетической группе *Alpha-Proteobacteria*, способны к деградации таких полициклических ароматических соединений, как бифенил, полипропиленгликоль и хлорбензойные кислоты. Препараты на их основе используют для разложения пластиковых пакетов [15]. Бактерии рода *Stenotrophomonas* (*Gamma-Proteobacteria*) способны метаболизировать различные фенольные соединения. В работе Т.В. Маркушевой [16] приводится

### Таксономический состав бактерий на лекарственных растениях, определенных на основании молекулярно-биологического метода

Название растения	Орган	Фаза роста	Таксон бактерий и его доля в процентах
Лен обыкновенный	Листья	Всходы	<i>Rhizobiaceae</i> (30)
	Листья	Созревание семян	<i>Massilia</i> (21)
Фенхель обыкновенный	Листья	Созревание семян	<i>Pseudomonas</i> (70)
Эхинацея пурпурная	Листья	Цветение	<i>Sphingomonas</i> (15-34)
	Корень	Всходы	<i>Microbacterium</i> (21) <i>Flavobacterium</i> (32)
Расторопша пятнистая	Листья	Созревание семян	<i>Methylobacterium</i> (40) <i>Sphingomonas</i> (13)
	Корень	Всходы	<i>Microbacterium</i> (10-40)
	Корень	Созревание семян	<i>Stenotrophomonas</i> (50)
	Семена	Созревание семян	<i>Sanguibacter</i> (54)
Календула лекарственная	Листья, цветки, корень	Всходы, цветение, созревание семян	<i>Pseudomonas</i> (10-64)

широкий спектр бактерий-деструкторов этих соединений, в состав деструкторов входят и представители рода *Stenotrophomonas*. Рекомендуется использовать эти бактерии для очистки водной среды и почвы от фенола и его хлорированных производных. Актинобактерии рода *Microbacterium* также служат деструкторами ароматических соединений, полихлорированных загрязнителей биосферы, используются для биоремедиации почв – создания препаратов биологической очистки окружающей среды [17].

В области фиторемедиации почв ведется поиск бактерий, ассоциированных с растениями, которые способны извлекать металлы из загрязненных почв, увеличивать их концентрацию в ризосфере, способствуя фитоэкстракции поллютантов. Уже известно, что бактерии родов *Pseudomonas* могут извлекать кадмий, медь, свинец, цинк из почв, *Steno-*

*trophomonas* – арсений, *Sanguibacter* – кадмий, *Microbacterium* – никель, *Massilia* – стронций [18]. Представители всех родов, приведенных в таблице, могут быть рекомендованы для фиторемедиации почв путем внесения культур бактерий в почву или на семена растений с целью их дальнейшего проникновения в ризосферу, размножения и потребления металлов из загрязненных почв. При удалении растений почвы освобождаются от вредных веществ.

**Таким образом, выделенные из лекарственных растений бактерии имеют очень важное экологическое значение. Необходимы дальнейшие исследования в этом направлении.**

Работа выполнена при поддержке грантов: РНФ № 14-50-000-29 и РФФИ офи\_м № 15-29-02499. Вклад каждого гранта составляет 50%.

### Литература

1. Семенихин Д.И. Биологические особенности роста и развития валерианы лекарственной, зверобоя продырявленного и пижмы обыкновенной в совместных посевах с однолетними культурами: автореф. дисс. к.б.н. – М.: ВИЛАР, 2007. – 23 с.
2. Бороздина И.Б., Заикина И.А. Сезонная динамика микробиологических показателей *Pseudomonas* и *Bacillus*, выделенных с поверхности филлоплана и цветка у представителей семейства Compositae // Вестник Алтайского ГАУ, 2010, № 10 (72). – С. 43-46.
3. Köberl M, Schmidt R, Ramadan EM, Bauer R. and Berg G. The micro- biome of medicinal plants: diversity and importance for plant growth, quality, and health // Front. Microbiol., 2013, 4: 400. doi:10.3389/fmicb.2013.00400.
4. Rekosz-Burlaga H., Borys M., Goryluk-Salmonowicz A. Cultivable microorganisms inhabiting the aerial parts of *Hyericum perforatum* // Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus, 2014, 13(5). – p. 117-129.
5. Определитель бактерий Берджи, 1997, Т. 1. С. – 436, Т. 2. – С. 362.
6. Лысак Л.В., Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н. Методы оценки бактериального разнообразия почв и идентификации почвенных бактерий. – М.: МАКС Пресс, 2003. – 120 с.
7. Манучарова Н.А., Власенко А.Н., Турова Т.П., Пантелева А.Н., Степанов А.Л., Зенова Г.М. Термофильный хитинолитический микробный комплекс бурой пустынно-степной почвы // Микробиология, 2008, № 5. – С. 683-688.
8. Манучарова Н.А. Гидролитические прокариотные комплексы наземных экосистем. – М.: Университетская книга, 2014. – С. 272.
9. <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast>
10. Якушев А.В. Комплексный структурно-функциональный метод характеристики микробных популяций // Почвоведение, 2015, № 4. – С. 429-446.
11. Добровольская Т.Г., Хуснетдинова Т.И., Савицкая П.М., Хуснетдинова К.А. Структура бактериальных сообществ календулы лекарственной и расторопши пятнистой в агроценозе // Агрехимический вестник, 2017, № 1. – С. 52-56.
12. Добровольская Т.Г., Хуснетдинова К.А., Савицкая П.М. Бактериальные сообщества лекарственных растений – календулы лекарственной и расторопши пятнистой / Материалы XII Международной конференции «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования», Ялта, 6-10 июня 2016 г. – С. 208-210.
13. Kalembe D.A., Kunicka A. Antibacterial and Antifungal Properties of Essential Oils // Current Medicinal Chemistry, 2003, Vol. 10. – P. 813-829.
14. Хуснетдинова К.А. Структура сообществ эпифитных бактерий культурных и сорных растений: дисс. к.б.н. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2017. – 162 с.
15. Bielefeldt A.R., Cort T. Dual substrate biodegradation of a nonionic surfactant and pentachlorophenol by *Sphingomonas chlorophenolica* RA2 // Biotechnol. Bioeng, 2005, V. 89. – P. 680-689.
16. Маркушева Т.В. Бактерии-деструкторы фенола и его хлорированных производных: автореф. дисс. д.б.н. 03.02.03 «Микробиология». – Уфа, 2011. – 296 с.
17. Плотникова Е.Г. Бактерии-деструкторы ароматических углеводов и их хлорпроизводных: разнообразие, особенности метаболизма, функциональная геномика: автореф. дисс. д.б.н. – Пермь, 2010. – 48 с.
18. Sessitsch A., Kuffner M., Kidd P., Vangrosveld J., Wenzel., Fallman K., Puschenreiter M. The role of plant-associated bacteria in the mobilization and phytoextraction of trace elements in contaminated soils // Soil Biol. and Biochem., 2013, V. 60. – P. 182-194.

## ВОЗДЕЙСТВИЕ УЗКОПОЛОСТНОГО СВЕТА НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ ТАГЕТИСА НИЗКОРОСЛОГО

<sup>1</sup>О.В. Шелепова, к.б.н., <sup>1</sup>В.В. Кондратьева, к.б.н., <sup>1</sup>Л.С. Олехнович,

<sup>1</sup>Г.Ф. Бидюкова, <sup>2</sup>Т.И. Хуснетдинова, к.б.н.

<sup>1</sup>Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, e-mail: shelepova-olga@mail.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: tamara\_iul@mail.ru

*Изучено воздействие досветки красным (max 660 нм) или синим (max 400 нм) светом от светодиодных панелей на физиолого-биохимические параметры растений *Tagetes patula* L. в вегетативную стадию развития. Показано, что после досветки красным светом наблюдалась стабилизация гомеостаза клетки, возросло содержание абсцизовой (АБК) и салициловой (СК) кислот в тканях листьев, снизилась устьичная проводимость по сравнению с контролем. После досветки растений синим светом наблюдалось изменение гомеостаза клетки, повысился только уровень АБК. В этом варианте отмечено увеличение устьичной проводимости и значительное изменение компонентного состава эфирного масла растений тагетиса.*

**Ключевые слова:** спектральный свет, *Tagetes patula* L., салициловая кислота, абсцизовая кислота, устьичная проводимость, эфирное масло.

### INFLUENCE OF SPECTRAL LIGHT ON THE PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF *TAGETES PATULA* L.

Ph.D. O.V. Shelepova, Ph.D. V.V. Kondrat'eva, L.S. Olecknovich, G.F. Bidukova, Ph.D. T.I. Khusnetdinova

<sup>1</sup>Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin RAS, e-mail: shelepova-olga@mail.ru

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, e-mail: tamara\_iul@mail.ru

*There was studied the effect of lighting in red (max 660 nm) or blue (max 400 nm) light from the LED panels the physiological and biochemical parameters of *Tagetes patula* L. plant. Shown that after the red light supplementary lighting the cell homeostasis was stabilized, level of abscisic (ABA) and salicylic (SA) acids in tissues of leaf increased, stomatal conductance decreased compared to control. After the blue light supplementary lighting the of plants the cell homeostasis was changed, only the ABA level increased. In this variant, an increase in stomatal conductance and a significant change in the component composition of the essential oil of the *Tagetes patula* L. plants were noted.*

**Keywords:** spectral light, *Tagetes patula* L., salicylic acid, abscisic acid, stomatal conductance, essential oil.

Свет различного спектрального состава – один из ведущих факторов регулирования роста и развития растений. Качество спектрального состава света действует на окислительный метаболизм в тканях листьев, регулирует процессы старения, способствует адаптации к стрессовым воздействиям [1, 2]. Особенно важен спектральный состав света для регуляции фотосинтеза и сопряженных с ним путей активирования адаптационного потенциала растений [3], которые тесно связаны с гормональным балансом клеток. Свет не только воздействует на эндогенный уровень фитогормонов, их конъюгирование и деградацию, но и регулирует проникновение экзогенных фитогормонов в различные клетки, что в конечном итоге определяет рост и морфогенез органов растений [4-6]. В инициации каскада протекторных реакций, а также в дальнейшем их регулировании, существенную роль играют салициловая и абсцизовая кислоты, при этом уровень

салициловой кислоты может повышаться при освещении растений красным светом [7]. Наиболее важную роль в фотоморфогенезе и воздействии на общий метаболизм растений играет свет красной и синей полос спектра [8]. Красный свет (600-650 нм) воспринимается растением через фоторецепторы – фитохромы, а синий (400-470 нм) – через криптохромы. Преобладание красного света стимулирует синтез хлорофилла и каротиноидов в листьях, активизирует работу ферментов углеводного и азотного метаболизма. Доминирование в спектральном составе синей составляющей способно стимулировать рост листьев, ингибировать вытягивание стебля, снижать количество устьиц [9]. К настоящему времени установлен ряд фундаментальных положений о роли спектра и интенсивности фотосинтетически активной радиации в формировании наиболее важных составляющих продукционного процесса [10, 11]. Тем не менее, в литературе недостаточно освещены

щен вопрос совместного действия естественного освещения и узкополостного спектрального света (синего и красного) на тканевом и клеточном уровне, а также на растение в целом.

**Цель работы** – изучение действия сочетания узкоспектрального света с естественным освещением на рост и развитие растений тагетиса низкорослого (*Tagetes patula* L.). О степени влияния на растения судили по целостности мембран клеток листьев, уровню салициловой и абсцизовой кислот в клетках их тканей, состоянию устьичного аппарата листьев и компонентному составу эфирного масла наземной части растений.

**Материалы и методы.** Объектом исследования были растения низкорослого тагетиса, сорт Кармен, часто используемые при озеленении городов и подвергающиеся как температурным стрессам (суточным перепадам температуры в весенний и осенний периоды), так и негативному воздействию городской среды (загрязнение воздуха, загрязнение почвы солями тяжелых металлов и химическими противогололедными реагентами).

Растения тагетиса в стадии 5-7 листьев высаживали в сосуды с песком по 5 растений, в каждом варианте по 15 сосудов. Растения выращивали в полуконтролируемых условиях: к естественному свету добавляли красный свет (max 600 нм) (вариант 1 – КС) или синий свет (max 400 нм) (вариант 2 – СС). Интенсивность света (плотность фотонов) КС –  $2,58 \times 10^{18}/\text{м}^2 \text{ сек}$ , СС –  $6,04 \times 10^{18}/\text{м}^2 \text{ сек}$ . В качестве дополнительных источников света использовали светодиодные лампы компании «Фокус» (Россия) модели ПС-2 (УСС-12). Досветку растений проводили с 18 марта по 20 апреля по 12 часов ежедневно. Контролем служили растения, выращенные при естественном освещении. Полив растений дистиллированной водой был ежедневным, подкормка – 1 раз в неделю питательной смесью Кнопа.

Пробы для биохимических анализов брали в первый и тридцать четвертый дни опыта. Для определения функционального состояния мембран клеток листьев навеску 0,3 г помещали в бидистиллят, выдерживали 24 часа в термостате при температуре 26°C и измеряли электропроводность элюата, определяли в нем содержание ионов  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$  потенциометрически с использованием ионоселективных электродов [12]. Содержание салициловой (СК) и абсцизовой (АБК) кислот анализировали из одной навески: 2 г сырых листьев экстрагировали этанолом (80°), экстракт упаривали до водной фазы, которую делили на две равные части. Очистку экстракта для выделения СК и АБК проводили по модифицированной в лаборатории методике [13]. На заключительном этапе использовали метод ВЭЖХ на ионообменной системе Стайлер (Россия) с колонкой RP-18 (фирма Phenomenex).

Параметры замыкающих клеток и апертуры

устийц измеряли на эпидеомальных срывах с абаксимальной стороны листа растений на 34 день опыта при помощи цифрового микроскопа Keyence VHX 1000 (США). Обработку измерений проводили с помощью программы Axio Vision LE Rel. 4.4.

Качество эфирного масла растений анализировали в ЦКП ФИЦ «Биотехнологии» РАН (RFMEFI 62114X0002) на газовом хроматографе Shimadzu GS 2010 с масс-детектором GCMS-QP 2010 [14].

**Результаты и обсуждение.** На тридцать четвертые сутки досветки спектральным светом растения в обоих вариантах опыта не отличались по морфологическим показателям от контроля: молодые листья имели хороший тургор, не отмечено увядания листьев нижних ярусов, сформировавшихся до начала опыта, началось отрастание боковых побегов.

Клеточные мембраны нижних листьев у всех растений хотя и сохранили, но несколько снизили избирательную проницаемость для отдельных ионов. Выход электролитов из клеток листьев увеличился во всех вариантах по сравнению с началом опыта (табл. 1). Следует отметить, что минимальное увеличение (на 7% к общему количеству электролитов в клетках) было в варианте 1 (КС). Для сохранения ионного гомеостаза в клетке важно накопление ионов  $\text{Na}^+$  в вакуоле, поддержание физиологической концентрации  $\text{K}^+$  и высокого соотношения  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  в цитоплазме [2]. На конец опыта выход ионов  $\text{K}^+$  снизился по сравнению с первым днем. При этом значительное снижение было характерно для обоих вариантов досветки по сравнению с контролем. Однако наибольшее снижение было в варианте 2(СС). Выход  $\text{Na}^+$  увеличился практически в 2 раза в контроле и варианте 2(СС), в варианте 1(КС) процент выхода ионов  $\text{Na}^+$  был даже ниже чем в первый день опыта. Соотношение  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$  повысилось по сравнению с исходным к концу опыта в обоих вариантах и в контроле, но наибольшим (6,1) оно было в варианте 1 (КС), что указывает на стабилизацию гомеостаза клеток листьев в этом варианте.

В регуляции окислительно-восстановительного гомеостаза клеток важная роль принадлежит салициловой кислоте (СК) [7, 15]. Уровень СК коррелирует с уровнем активных форм кислорода и связан с инициацией каскада защитных реакций. СК-индуцируемый сигнальный путь светозависим и действует в комплексе с другими протекторными механизмами [16]. Содержание СК в тканях листьев снизилось к концу опыта в контроле почти в 2 раза по сравнению с исходным, в варианте 2(СС) – в 1,4 раза, а при досветке красным светом возросло в 1,7 раза (табл. 1).

Одним из основных компонентов пускового механизма каскадных реакций, формирующих ответ на абиотический стресс, является абсцизовая кислота (АБК). При досветке красным светом ее содержание возросло в 16 раз по сравнению с началом опыта. При досветке синим светом ее уровень повысился в

### 1. Биохимические и морфологические показатели листьев тагетиса вариантов опыта

Показатель	Начало опыта	34 день досветки		
		К	В-1	В-2
Выход ионов электролитов в элюат относительно их общего содержания в клетках, %	20,5	41,0	27,4	40,6
Выход ионов K <sup>+</sup> в элюат относительно их общего содержания в клетках, %	23,1	9,8	3,7	1,2
Выход ионов Na <sup>+</sup> в элюат относительно их общего содержания в клетках	29,6	43,4	24,0	43,3
K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup>	3,2	4,8	6,1	3,7
Содержание СК, мкг	0,74	0,38	1,27	0,52
Содержание АБК, мкг	0,012	0,043	0,191	0,037
Длина замыкающих клеток устьиц, мкм		38,60	32,30	36,26
Ширина замыкающих клеток устьица, мкм		6,95	6,41	6,66
Ширина апертуры устьица, мкм		4,50	4,49	6,52
Площадь устьица, мкм <sup>2</sup>		1138,71	878,44	1111,22

3 раза (табл. 1). Отмечено увеличение содержания АБК и в тканях листьев контрольных растений (в 4 раза по сравнению с началом опыта). Изменения ионного гомеостаза клеток, уровня СК и АБК на тридцать четвертые сутки опыта могут указывать на начало переключения метаболизма растений, подвергающихся досветке спектральным светом, с обычных программ на стрессопротекторные.

При наблюдении эпидермальных срывов под микроскопом были выявлены особенности устьичных клеток листа растений. Замыкающие клетки устьиц у растений варианта 1 (КС) имели более округлую форму, их длина была в 1,2 раза, а ширина в 1,1 раза меньше по сравнению с контролем (табл. 1). При этом ширина апертуры устьиц была на уровне аналогичных показателей растений контроля. У растений варианта 2 (СС) длина и ширина замыкающих клеток была незначительно меньше по сравнению с контролем. Однако ширина апертуры была в 1,5 раза больше по сравнению с контролем и вариантом 1.

Закрытие устьиц служит важным механизмом поддержания водного баланса растений. Более выраженный ответ устьиц наблюдался в варианте 1 – в ответ на КС большинство устьиц были закрыты – до 80%. В ответ на СС открытыми были 50% устьиц, тогда как при естественном освещении открытыми были до 40% устьиц. Одной из причин большого количества закрытых устьиц листа растений варианта 1 может быть высокий уровень АБК в тканях листьев, связь этого фитогормона с механизмом закрытия устьиц хорошо известна [17]. Наблюдаемое в варианте 1 (КС) закрытие устьиц уменьшает устьичную проводимость и транспирацию растений. И, наоборот, при досветке синим светом наблюдалось значительное количество открытых устьиц при одинаковой площади устьиц с контролем, что в конечном итоге может способствовать увеличению транспирации и нарушению водного ба-

ланса растения. Продуцирование растением эфирного масла можно рассматривать как часть ответной реакции на изменение параметров окружающей среды: свет, температура и влажность. Летучие органические компоненты (монотерпены, изопрен, сесквитерпены, метилсалицилаты и др.) корректируют и стабилизируют среду обитания растения, что дает возможность нормализовать фотохимические и биохимические реакции в тканях [18, 19]. Компонентный состав эфирного масла тагетиса весьма вариабелен и во многом зависит от селекционных особенностей растения: мажорными компонентами эфирного масла могут быть как пиперитон и пиперитенон [20], так кариофиллен и терпинолен [21].

В составе эфирного масла растений тагетиса было обнаружено до 22 компонентов, все компоненты с содержанием более 0,1% от общей суммы идентифицировали по времени удерживания и масс-спектрам (табл. 2).

### 2. Компонентный состав эфирного масла тагетиса

Компоненты	Линейные индексы удерживания	Контроль	Вариант 1	Вариант 2
Лимонен	1016	0,91	-	-
Не определен	1030	1,23	-	-
3,4-эпоксикарен	1125	0,89	-	1,59
2-изобутилнорборна	1126	2,00	-	2,03
Цис-карвеол	1199	3,43	1,88	6,32
Пара-цимен-8-ол	1201	1,75	2,06	2,48
Вербенон	1208	2,07	-	3,30
Карвон	1216	1,96	2,07	3,26
Пиперитон	1227	15,44	16,69	23,63
Карвол	1240	0,95	-	2,43
Изопиперитенон	1275	3,14	3,74	5,66
Пиперитенон	1310	5,21	6,95	8,34
α-пинен эпоксид	1333	3,95	11,62	8,53
β-кариофиллен	1418	3,79	-	-
β-ионен	1465	0,67	-	-
Спагуленол	1565	1,29	1,32	-
Изоаромадендрен эпоксид	1571	1,72	1,12	-
Тетрагидро геранилацетон	1571	1,32	1,48	-
Фитол	1806	3163	30,32	10,06
Фитил ацетат	1894	8,19	9,86	7,18
Нонадекан	1900	-	5,24	-
Эйкозан	2000	8,46	5,65	15,19

В растениях контроля основными компонентами эфирного масла были фитол (~32%), пиперитон (~15%), эйкозан (~8%) и фитил ацетат (~8%). При досветке красным светом (вариант 1) в составе масла мажорным компонентом остается фитол (~30%), но увеличивается доля окисленной формы  $\alpha$ -пинен (на 7,7%) и пиперитона и его производных (на 3,5%). При этом в составе масла не обнаруживается 7 компонентов, фиксируемых в масле растений контроля. Наиболее существенные изменения компонентного состава эфирного масла зафиксированы при досветке синим светом (вариант 2) – по сравнению с контролем в составе масла отсутствуют 8 компонентов, содержание фитола снижается в 3,1 раза, мажорными компонентами масла становятся пиперитон и его производные (на 13,9% больше по сравнению с контролем) и эйкозан (на 6,7%). Увеличение доли пиперитона и его производных, обладающих противогрибковой и противомикробной активностью, может повышать устойчивость растений тагетиса к грибковым поражениям, микробным инфекциям и вредителям.

**Таким образом, совокупность физиологических и биохимических изменений в тканях листьев тагетиса дает возможность предположить, что досветка спектральным светом, изменив среду обитания опытных растений, способствовала началу перестройки метаболических процессов и активированию систем неспецифических протекторных механизмов, направленных на сохранение ионного и окислительно-восстановительного гомеостаза растений. Добавление к естественному освещению красного света снижало выход ионов  $K^+$  и  $Na^+$ , увеличивало содержание в тканях салициловой и абсцизовой кислот, уменьшало устьичную проводимость и транспирацию растений. Добавление к естественному освещению синего света также способствовало снижению выхода ионов  $K^+$  и увеличению содержания абсцизовой кислоты, но вызывало снижение содержания салициловой кислоты, увеличивало устьичную проводимость и значительно изменяло компонентный состав эфирного масла.**

#### Литература

- Cockburn W., Whitelam G.C., Broad A., Smith J. The participation of phytochrome in the signal transduction pathway of salt stress responses in *Mesembryanthemum crystallinum* L. // J. of Exp. Bot., 1996. V. 47(5). – P. 647-653.
- Causin H.F., Jauregui N.R., Barneix A.J. The effect of light spectral quality on leaf senescence and oxidative stress in wheat // Plant science, 2006, V. 171(1). – P. 24-33.
- Olle M., Akvile V. The effects of light emitting diode lighting on greenhouse plant grows and quality // Agricultural and food science, 2013, V. 22. – P. 223-234.
- Тихомиров А.А., Золотухин И.Г., Лисовский Г.М., Сидько Ф.Я. Специфика реакций растений разных видов на спектральный состав ФАР при искусственном освещении // Физиология растений, 1987, Т. 34. – С. 774-785.
- Аверчева О.В., Беркович Ю.А., Ерохин А.Н., Жигалова Т.В., Погосян С.И., Смолянина С.О. Особенности роста и фотосинтеза растений китайской капусты при выращивании под светодиодными светильниками // Физиология растений, 2009, Т. 56, № 1. – С. 17-26.
- Karpinski S., Gabris H., Mateo A., Karpinska B., Mullineaux P.M. Light perception in plant disease signaling // Current opinion in plant biology, 2003, V. 6(4). – P. 390-396.
- Воскресенская Н.П. Фоторегуляторные реакции и активность фотосинтетического аппарата // Физиология растений, 1987, Т. 34. – С. 669-684.
- Mateo A., Funck D., Mühlenbock P., Kular B., Mullineaux P. M., Karpinski S. Controlled levels of salicylic acid and required for optimal photosynthesis and redox homeostasis // J. Exp. Bot, 2006, V. 57, № 8. – P. 1795-1807.
- Barro F., De La Haba P.; Maldonado J.M.; Fontes A.G. Effect of light quality on growth contents of carbohydrates protein and pigments and nitrate reductase activity in soybean plants // Journal of plant physiology, 1989, V. 134(5). – P. 586-591.
- Тихомиров А.А., Лисовский Г.М., Сидько Ф.Я. Спектральный состав света и продуктивность растений. – Новосибирск: Наука, 1991. – 167 с.
- Ушакова С.А., Волкова Э.К., Шалаева Е.Е., Тихомиров А.А. Фотосинтез, дыхание и продуктивность ценоза редиса, выращенного на красном и синем свете // Физиология растений, 1992, Т. 39, Вып. 3. – С. 488-493.
- Шатило В.И., Ткаченко О.Б., Шелепова О.В., Кондратьева В.В., Воронкова Т.В., Сивухина Н.В. Влияние красного света на устойчивость растений петунии гибридной к *Botrytis cinerea* Pers. // Бюллетень ГБС РАН, 2013, № 2. – С. 52-58.
- Шелепова О.В., Кондратьева В.В., Воронкова Т.В., Олехнович Л.С., Енина О.Л. Физиолого-биохимические аспекты длительного воздействия на растения мяты света неизменного спектрального состава // Бюллетень ГБС РАН, 2012, № 2. – С. 68-73.
- Шелепова О.В., Кондратьева В.В., Олехнович Л.С., Зайчик Б.Ц., Ружицкий А.О. Вариации состава эфирного масла и накопления салициловой кислоты у *Mentha arvensis* var. *piperascens* L. (Lamiaceae) при интродукции в Московском регионе // Растительные ресурсы, 2016, Т. 52, № 3. – С. 414-424.
- Yuan Shu, Hong-Hui Lin. Role of salicylic acid in plant abiotic stress // Z. Naturforsch, 2008, V. 5-6. – P. 313-320.
- Bechtold U., Karpinski S., Mullineaux P. The influence of the light environment and photosynthesis on oxidative signalling responses in plant-birotrophic pathogen interactions // Plant Cell & Environment, 2005, V. 28. – P. 1046-1055.
- Ахиярова Г.Р., Фрике В., Веселов Д.С., Кудоярова Г.Р., Веселов С.Ю. Накопление и распределение АБК в тканях листа и устьичная проводимость при водном стрессе, индуцированном засолением // Цитология, 2006, Т. 48, № 11. – С. 918-923.
- Spinelli F., Cellini A., Marchetti L., Shanker A.K., Venkaterswarlu B. Emission and function of volatile organic compounds in response to abiotic stress // Abiotic stress in plants – mechanisms and adaptations. – Rijeka: InTech, 2011. – P. 367-394.
- Stevović S., Čalić-Dragosavac D., Mikoviločić V.S., Zdravković-Korać S., Milojević J., Cingel A. Correlation between environment and essential oil in medical plants // Adv. Environmental Biol, 2011, V. 5, № 2. – P. 465-468.
- Romagnoli C., Bruni R., Andreotti E., Rai M.K., Vicentini C.B., Mares D. Chemical characterization and antifungal activity of essential oil of capitula from wild Indian *Tagetes patula* L. // Protoplasma, 2005, V. 225, № 1. – P. 57-65.
- Зыкова И.Д., Кондратьев Т.А., Ефремов А.А. Исследование состава эфирного масла надземной части *Tagetes patula* L., культивируемого в Сибирском регионе // Сибирский медицинский журнал, 2013, Вып. 2, Т. 117. – С. 103-105.

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРУДА ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ПОЧВ

**А.А. Ветчинников**, к.с.-х.н., **В.И. Титова**, д.с.-х.н., **А.И. Баранов**, аспирант, **Е.В. Сеньчева**, аспирант  
Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, e-mail: vetchinnikov@rambler.ru

*Рассмотрена возможность использования донных отложений пруда для целей рекультивации механически нарушенных почв, снизивших свое плодородие вследствие проведения строительных работ, практически по всем контролируемым показателям – содержание гумуса (органического вещества), подвижных соединений фосфора и калия, и кислотности. Установлено, что внесение органо-известковистого сапропеля для рекультивации техногенно трансформированных почв способствует существенному увеличению содержания органического вещества (53%) и некоторому снижению обменной кислотности (0,1 ед. рН), в тоже время на содержании подвижных соединений фосфора и калия внесение сапропеля не сказалось.*

**Ключевые слова:** серая лесная легкосуглинистая почва, сапропель, пруд, агрохимические показатели, рекультивация техногенно нарушенных почв.

### ASSESSMENT OF OPPORTUNITY OF LAKE BOTTOM SEDIMENTS APPLICATION FOR RECULTIVATION OF TECHNOGENICALLY DISTURBED SOILS

*Ph.D. A.A. Vetchinnikov, Dr.Sci. V.I. Titova, Ph.D. student A.I. Baranov, Ph.D. student E.V. Senchova*  
Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, e-mail: vetchinnikov@rambler.ru

*The possibility of using bottom sediments of the pond for the purpose of reclamation of mechanically disturbed soils, which reduced their fertility, due to construction works, practically on all controlled parameters - the content of humus (organic matter), mobile compounds of phosphorus and potassium, the pH of the salt extract. It is established that the application of organic-calcareous sapropel for the recultivation of technogeneously transformed soils contributes to a significant increase in the content of organic matter (53%) in them and a slight decrease in the exchange acidity (0.1 pH); on the content of mobile compounds of phosphorus and potassium, the introduction of sapropel did not affect.*

**Keywords:** gray forest light loamy soil, sapropel, pond, agrochemical indicators, recultivation of technogeneally disturbed soils.

Российская Федерация богата залежами органосодержащих природных ресурсов, используемых в сельском хозяйстве, один из которых сапропель – тонкоструктурные коллоидные отложения пресноводных водоемов. Запас сапропелей в России оценивается в 91 млрд. т при 60% влажности [1]. В составе сапропелей присутствуют вещества органической природы битумы или липиды, т.е. гидрофобные соединения, включающие высшие жирные кислоты, стероиды, а также гуминовые вещества, благодаря которым проявляется их положительное влияние на почвенно-поглощающий комплекс. Оптимизация емкости катионного обмена почв при внесении сапропеля и в целом повышение сорбционных свойств почвы в конечном итоге ведет к повышению урожайности культурных растений [2]. Учитывая химический состав, сапропели широко используют в земледелии как в чистом виде путем кольматации (намыва

на участки) малопродуктивных земель и луговых угодий или внесения в виде органосодержащего удобрения [3], так и в качестве одного из компонентов при подготовке компостов и почвогрунтов [4]. Многие авторы при этом отмечают существенный биостимулирующий эффект сапропелей и их положительное влияние на активизацию почвенной микрофлоры [2, 3], обоснованно относя их к средствам биомелиорации сельскохозяйственных угодий [5].

**Цель исследования** – изучение агрохимических свойств сапропеля одного из пресных водоемов, расположенного в Дальне-Константиновском районе Нижегородской области, и оценке возможности его использования в районе добычи для рекультивации земель сельхозназначения, техногенно нарушенных при производстве строительных работ.

**Объект и условия исследования.** Обследуемый участок представляет собою прибрежную террито-

рию водоема (пруда) с водной поверхностью порядка 0,8 га, рядом с которым осуществлялось строительство дороги. При строительных работах почвы прилегающего участка испытали негативное воздействие в виде снятия плодородного слоя высотой 20 см (и временного его хранения на прилегающей территории) для подготовки котлована под полотном дороги глубиной около 40-50 см, вследствие чего были затронуты подпахотные горизонты почвенного профиля. В дальнейшем плодородный слой был вновь нанесен на придорожную территорию, но во время нанесения он был перемешан с менее плодородными почвенными слоями, в результате чего агрономическое состояние почвенного покрова на обследованной территории должно было неизбежно ухудшиться. Логическим выводом из такой ситуации является необходимость проведения рекультивационных работ для восстановления утраченного плодородия, в процессе чего можно использовать донные отложения рядом расположенного пресноводного водоема.

Характерной особенностью данного рельефа состоит в том, что территория рядом с прудом ранее подвергалась подтоплению или периодически затоплялась, а при сходе воды в пруд поступали все новые и новые порции мелкозема, загрязняя воды, заливая берега и способствуя образованию на дне водоема залежей озерного ила – сапропеля. При этом прибрежная часть водоема испытывала такое воздействие в более сильной степени, что привело к некоторому снижению его глубины, способствовало сильному прогреванию летом, чем активизировало жизнь биоты и приводило к дополнительному накоплению озерных отложений на дне. В итоге использовать пруд стало практически невозможно ни в качестве рекреационного водоема, ни в качестве водопоя, ни для разведения рыбы. Да и площадь вокруг водоема использовать для активного ведения растениеводства стало затруднительным из-за подтопления и периодического затопления. Естественным выходом из сложившейся ситуации стало решение собственника участка о добыче донных отложений для их использования в сельхозпроизводстве, что к тому же способствовало углублению водоема.

Для оценки возможности применения сапропеля

в качестве органического удобрения при рекультивации нарушенных земель были отобраны образцы почвы с нарушенной и фоновой территории, а также образцы донных отложений. Обследование и отбор почвенных образцов проводили по ГОСТ 17.4.4.02-84 с техногенно преобразованной (в 2016 г. – проба 1 и проба 2, в 2017 г. – проба 3 и проба 4) и фоновой территории (почва – фон 2016 г.). Анализы почвенных проб выполнены в лабораториях кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА с использованием методов, рекомендованных ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова [6]. Анализы проб сапропеля выполнены по методикам определения веществ и элементов в органических удобрениях (гумус – по ГОСТ 27980-88, общий азот – по ГОСТ 26715-85, общий калий – по ГОСТ 26718-85, общий фосфор – по ГОСТ 26717-85, рН<sub>KCl</sub> – по ГОСТ 27979-88). Содержание кадмия, свинца, хрома, меди, никеля и цинка в донных отложениях определяли по РД 52.18.191-89, бенз(а)пирена – по ФР 1.31.2005.01725, нефтепродуктов – по ПНД Ф 16.1.2.21-98.

**Результаты исследований.** Во время полевого обследования установлено, что почва участка серая лесная легкосуглинистая.

Данные таблицы 1 свидетельствуют, что почва полевого участка, примыкающего к обследуемому участку по западной его границе (фон 2015 г.), в течение времени значительно меняет свою характеристику, особенно – по содержанию органического вещества и подвижных соединений фосфора. Так, согласно данным периодического агрохимического обследования, проводимого ФГБУ ЦАС «Нижегородский», в 2015 г. пахотный слой этого участка имел содержание органического вещества (гумус) 2,3%, в 2016 г. по результатам анализа фоновой пробы, отобранной при полевом обследовании – 1,8%. То есть, снижение содержания органического вещества составило 0,5% (абсолютных) или 21,7% (относительных). В фоновой почве образца 2016 г. в сравнении с характеристикой этого же поля в 2015 г. снизилось также содержание подвижных соединений фосфора и калия: фосфора – на 54 мг/кг, или на 22,8%, калия – на 56 мг/кг, или на 26,4%. Наиболее вероятные причины этого естественные вариации почвенного плодородия, дости-

### 1. Результаты агрохимического анализа объединенных почвенных проб

Образцы	рН <sub>KCl</sub>	Органическое в-во, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	N <sub>t</sub>	V, %
			мг/кг		ммоль/100 г		
Почва – фон 2015**	5,8	2,3	237	212	18,2	2,4	79,1
Почва – фон 2016	5,7	1,8	183	156	21,0	2,8	88,2
Проба 1	5,4	1,9	134	115	19,9	2,9	87,3
Проба 2	5,7	1,5	55	168	19,3	2,5	88,5
Почва, нарушенная в среднем	5,6	1,7	95	142	19,6	2,7	87,9

\*\* – данные агрохимического обследования ФГБУ ЦАС «Нижегородский» для поля, примыкающего к обследуемой территории, 2015 г.

гающие 15-20% от среднего значения по участку, и колебания определяемых параметров в зависимости от времени отбора почвенных проб (сезонные колебания в деятельности микрофлоры, отражающиеся на количестве доступных для растений элементов), а также выращиваемой культуры (в том числе – фазы ее развития, влияющей на количественное потребление элементов и величину остаточного содержания подвижных соединений фосфора и калия в почве).

Нельзя не отметить некоторое улучшение поглотительных свойств почвы во времени: степень насыщенности почв основаниями на фоновом участке возросла на 9%, что произошло из-за повышения суммы поглощенных оснований и общей емкости катионного обмена.

Содержание органического вещества в нарушенных почвах в сравнении с фоном 2015 г. снизилось более значительно – на 0,6% (26,1 относительных процента), а с фоновым значением 2016 г. – на 0,1% (5,6 относительных процента). Содержание подвижных соединений фосфора по отношению к значению на фоновом участке снизилось на 88 мг/кг (48%), а подвижного калия – лишь на 11 мг/кг (7%). На характеристику поглотительного комплекса строительные работы с воздействием на глубину не более 50 см оказали минимальное негативное влияние: сумма поглощенных оснований снизилась на 1,4 ммоль/100 г почвы (6,7%). Кислотность почвы, судя по показателю  $pH_{KCl}$ , в нарушенных почвах увеличилась: в сравнении с данными 2016 г. на 0,1 (на отдельных участках на 0,3 ед. pH), а в сравнении с данными 2015 г. – на 0,2 ед. pH. Таким образом, нарушенные при производстве строительных работ серые лесные почвы снизили свое плодородие, что произошло за счет уменьшения содержания в почвах органического вещества и подвижных соединений фосфора и некоторого увеличения кислотности.

Химический состав донных отложений (табл. 2) в целом удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 54000-2010. Согласно данному ГОСТ, если содержание органического вещества в сапропеле не менее 15%, фосфора и калия не менее 0,1% (1,0 мг/кг),  $pH_{KCl}$  на

уровне 6,0 единиц, то такой сапропель может быть отнесен к органо-известковистому виду. По содержанию загрязняющих веществ сапропель может быть отнесен к первому классу пригодности. Учитывая агрохимическую характеристику сапропеля (содержание органического вещества несколько больше норматива, а показатель pH значительно выше норматива), а также характеристику нарушенных почв (снижение содержания органического вещества и подкисление почвы), было принято решение об использовании сапропеля в качестве органического удобрения и агромелиоранта.

Есть два способа применения сапропеля для улучшения свойств почвы: он может быть нанесен на поверхность нарушенных почв методом намыва сразу после добычи со дна озера или равномерного распределения его подсушенной массы по поверхности почвы. Весьма перспективен именно способ намыва сапропеля непосредственно на поля, т.к. позволяет значительно сократить затраты на строительство специальных отстойников, и на участках с низким плодородием позволяет широко использовать этот способ. Сапропель после его добычи со дна пруда был оставлен в поле для промораживания, а весной следующего года равномерно распределен по поверхности. Доза сапропеля составила 400 т/га, высота насыпного слоя колебалась в пределах 6-10 см. После распределения сапропеля по поверхности поле было вспахано, а спустя 3 месяца с нарушенной территории вновь были отобраны почвенные образцы.

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что наибольшие изменения в агрохимической характеристике техногенно нарушенной почвы коснулись показателя «содержание органического вещества»: внесение органо-известковистого сапропеля привело к существенному повышению его содержания – 0,9 абсолютных или 53 относительных процентов. Содержание органического вещества в нарушенной почве после внесения сапропеля увеличилось даже в сравнении с характеристикой фона: на 0,55 абсолютных или 27 относительных процентов. Обменная кислотность почвы, судя по  $pH_{KCl}$ , снизилась на 0,1 единицу и практически достигла значения фо-

## 2. Результаты анализа донных отложений пресноводного водоема

Качество сапропеля			Безопасность сапропеля		
показатель	факт	норма*	показатель	факт	норма**
Органическое вещество, %	16,2	не ≤ 15	Кадмий, мг/кг	≤ 1,00	не ≥ 3
Азот общий, %	0,49	не ≤ 0,5	Свинец, мг/кг	≤ 20,00	не ≥ 50
Калий общий, %	0,34	не ≤ 0,1	Медь, мг/кг	≤ 20,00	не ≥ 100
Фосфор общий, %	0,12	не ≤ 0,1	Никель, мг/кг	37,3	не ≥ 50
$pH_{KCl}$	7,41	не ≤ 6	Цинк, мг/кг	≤ 20,0	не ≥ 300
–	–	–	Ртуть, мг/кг	0,0572	не ≥ 1,0
–	–	–	Бенз(а)пирен, мг/кг	0,005	не ≥ 0,02
–	–	–	Нефтепродукты, млн <sup>-1</sup>	14	-

\* норма для органо-известковистого сапропеля; \*\* норма для сапропеля 1 класса пригодности.

### 3. Результаты анализа почвенных проб после внесения сапропеля

Образцы почвы	pH <sub>KCl</sub>	Орг. в-во, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
Почва – фон*	5,75	2,05	210	184
Почва нарушенная, 2016 г.	<b>5,6</b>	<b>1,7</b>	<b>95</b>	<b>142</b>
Проба 3	5,6	2,3	120	132
Проба 4	5,8	2,9	86	140
Почва после внесения сапропеля	<b>5,7</b>	<b>2,6</b>	<b>103</b>	<b>136</b>
* среднее из двух фоновых определений (2015 и 2016 гг.)				

новой почвы. На содержании подвижных соединений фосфора и калия внесение сапропеля практически не сказалось – различия в обеспеченности почв нарушенной и рекультивированной территории подвижным фосфором составили 8 мг/кг, калием – 6 мг/кг, что находится в пределах ошибки аналитических определений. Уровня обеспеченности пахотных почв (фон)

подвижными соединениями фосфора и калия после однократного внесения органоминерального сапропеля не удалось.

*Таким образом, нарушенные при производстве строительных работ серые лесные почвы снизили свое плодородие, что произошло за счет уменьшения содержания органического вещества, подвижных соединений фосфора и некоторого увеличения кислотности. Использование донных отложений пруда для рекультивации техногенно трансформированных почв способствует существенному увеличению содержания органического вещества (53%) и некоторому снижению обменной кислотности (0,1 ед. рН); на содержании подвижных соединений фосфора и калия внесение органоминерального сапропеля не сказалось.*

#### Литература

1. Состояние и меры по развитию агропромышленного комплекса и рыболовства Российской Федерации за 2004 г. Ежегодный доклад. – М., 2005. – 256 с.
2. Кирейчева Л.В., Яшин В.М. Эффективность применения органоминеральных удобрений на основе сапропеля // Агрохимический вестник, 2015, № 2. – С. 37-40.
3. Борисов В.А., Успенская О.Н., Васючков И.Ю., Гренадеров Н.В. Агрохимические свойства органоминеральных сапропелей // Агрохимия, 2015, № 12. – С. 49-55.
4. Титова В.И., Ветчинников А.А. Оценка возможности использования продуктов расчистки и углубления дна озера для подготовки земляного компоста с целью применения на закарстованных территориях / Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч. экол. конф. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – С. 117-120.
5. Зинковская Т.С., Ковалев Н.Г., Зинковский В.Н. Классификация биологических мелиорантов, применяемых в земледелии // Плодородие, 2012, № 4. – С. 20-22.
6. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ВНИИА, 2003. – 195 с.

УДК 633.16:631.559:661.152.5

## ЗАВИСИМОСТЬ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ И НАКОПЛЕНИЯ НИТРАТОВ В ПРОДУКЦИИ ОТ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И УДОБРЕНИЙ

<sup>1</sup>Е.Н. Федотова, <sup>1</sup>Ю.Н. Федорова, д.с.-х.н., <sup>2</sup>М.Н. Рысев, к.с.-х.н.

<sup>1</sup>Великолукская ГСХА, e-mail: evgesha637@mail.ru

<sup>2</sup>Псковский НИИСХ, e-mail: rysev.mih@yandex.ru

*Представлены результаты исследований по применению микроудобрения Аквадон-Микро на посевах ячменя сорта Эльф в условиях Северо-Западного региона РФ. Исследования проводили в 2014-2016 г. в соответствии с методикой полевого опыта, с использованием современных методов анализа почв и растений на базе заложенного в 2006 г. стационарного многофакторного полевого опыта. Установлено, что применение микроэлементного удобрения Аквадон-Микро на окультуренной дерново-подзолистой почве при различных фонах удобренности способствовало адаптивным функциям растений ячменя, стабилизировало содержание нитратов в зеленой массе за счет лучшего усвоения азота из минеральных удобрений, следовательно сделало возможным сокращение дозы их внесения.*

**Ключевые слова:** ячмень, микроэлементы, окружающая среда, климат, минеральные удобрения, нитраты.

## DEPENDENCE OF PLANTS DEVELOPMENT AND NITRATES ACCUMULATION IN OUTPUT ON ENVIRONMENTAL FACTORS AND FERTILIZERS

<sup>1</sup>E.N. Fedotova, <sup>1</sup>Dr.Sci. Yu.N. Fedorova, <sup>2</sup>Ph.D. M.N. Rysev

<sup>1</sup>State Agricultural Academy of Velikie Luki, e-mail: evgesha637@mail.ru

<sup>2</sup>Pskov Scientific-Research Institute for Agriculture, e-mail: rysev.mih@yandex.ru

*The article presents the research results on the Aquadon-Micro microfertilizer use with the Elf barley variety. The improved system of mineral and a new-generation microfertilizer application on the barley under conditions of the RF North-Western region was under study. The system made it possible to improve the fertilizing efficiency and increase plant resistance to adverse environmental influences. The research was carried out in 2014-2016 in accord with the field experiment methodology. Modern methods to analyze soils and plants were applied based on the long-time multi-factor stationary experience in the field gained since 2006. The results acquired prove it possible to decrease mineral fertilizer doses due to the application of microelemental fertilizers into cultivated soddy-podzolic soils of different cultivation state.*

**Keywords:** barley, microelements, environment, climate, mineral fertilizers, nitrates.

Сельскохозяйственные растения развиваются в непрерывно изменяющихся условиях окружающей их среды – суточные и сезонные колебания освещенности, температуры, влажности почвы и воздуха, а также изменений в содержании усвояемых элементов питания в почве и др. [1]. От факторов окружающей среды зависит также и накопление нитратов в продукции растениеводства. Например, чем длиннее световой день, тем меньше нитратов в растениях. При избыточном увлажнении и низкой температуре количество нитратов может увеличиваться более чем в 2 раза, при повышении температуры до 20°C количество нитратов наоборот снижается. Нормальная освещенность растений также снижает содержание нитратов, искусственное освещение и недостаток естественной солнечной радиации приводит к их повышению [2].

**Цель исследования** – изучение воздействия факторов окружающей среды и применения микроэлементных удобрений на накопление нитратов и развитие растений.

**Объекты и методы исследований.** Экспериментальную работу выполняли в 2014-2016 гг. в рамках научной темы «Оптимизация применения минеральных и микроэлементных удобрений нового поколения на ячмене в условиях Северо-Западного региона РФ» на опытном поле ФГБНУ «Псковский НИИСХ» (д. Родина, Псковского района Псковской области).

Климатические условия Псковской области и всего Северо-Западного района относятся к умеренно-континентальным. Среднегодовая температура воздуха здесь +4,5-5,5°C. Годовое количество осадков (около 600 мм) значительно превышает их испарение (400 мм), что и приводит к промывному водному режиму почв [3]. Изменчивость метеословий отмечалась не только по годам, но и в течение вегетационного периода, что оказало значительное влияние на рост, развитие и урожайность ячменя.

Объектами исследований были яровой ячмень сорта «Эльф» и комплексное микроэлементное удобрение хелатного типа Аквадон-Микро, которое представляет собой водный полимерно-хелатный высокомолекулярный комплекс длинных углеводородных цепочек с закрепленными на них микроэлементами – железом, медью, бором, молибденом, цинком, кобальтом, а также мезоэлементами – магнием и серой. Главные отличия Аквадон-Микро от других микроудобрений заключаются в том, что микроэлементы находятся в хелатной форме в составе полимерной матрицы. Хелатная форма обеспечивает защиту микроэлементов от негативного воздействия влаги, кислорода воздуха и излучения солнца, одновременно сохраняя их доступность для растений.

Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. N<sub>40</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (Фон); 3. Фон + Микроэлементы (МЭ); 4. Фон + навоз, 40 т/га; 5. Фон + навоз, 40 т/га + МЭ; 6. Фон + CaCO<sub>3</sub>; 7. Фон + CaCO<sub>3</sub> + МЭ; 8. Фон + навоз, 40 т/га + CaCO<sub>3</sub>; 9. Фон + навоз, 40 т/га + CaCO<sub>3</sub> + МЭ; 10. N<sub>28</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> (2/3) + МЭ; 11. N<sub>20</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub> (1/2) + МЭ; 12. N<sub>28</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> (2/3) + CaCO<sub>3</sub> + МЭ; 13. N<sub>20</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub> (1/2) + CaCO<sub>3</sub> + МЭ (таблица).

Площадь опытной делянки 72 м<sup>2</sup>, учетная – 55 м<sup>2</sup>, повторность опыта трехкратная. Известкование почвы проводили в паровом поле из расчета 0,5 гидролитической кислотности, доза CaCO<sub>3</sub> составила 2,85 т/га. Доза внесенного в пару навоза составила 40 т/га. Дозы минеральных удобрений N<sub>40</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>, N<sub>28</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>20</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub> соответственно были внесены под предпосевную культивацию. Полная доза N<sub>40</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> была рассчитана для получения урожайности ячменя 30-35 ц/га. Обработку удобрением Аквадон-Микро проводили путем некорневой подкормки дважды – в фазы кущения и выхода в трубку в дозе 2 л/га.

Все работы по отбору и подготовке проб к анализу выполняли в соответствии с методическими указаниями и рекомендациями – нитраты в расти-

тельной продукции на нитратомере (МУ 5048-89, 1989); нитратный азот в почве дисульфифеноловым методом по Грандваль-Ляжу (ГОСТ 27894.4-88).

**Результаты исследований.** Яровой ячмень сорта Эльф обладает широкой экологической пластичностью, он быстро адаптируется к условиям окружающей среды. Но требования растений к температуре и влажности изменяется по фазам развития. Период «посев – всходы» – один из наиболее чувствительных и важных в жизни ячменя. Неблагоприятные условия, ведущие к задержке появления проростков, могут обусловить гибель части семян и снижение полноты всходов. Продолжительность от посева до полных всходов в различных районах страны колеблется по годам от 5-7 до 15-21 дня [4].

Посев ячменя проводили в первой-второй декаде мая при достаточной влажности почвы и удовлетворительной температуре воздуха (10,5-13,2°C). Через 6-7 дней появлялись всходы, энергия прорастания была невысокой. Полные всходы отмечались на 12-17 сутки. Через неделю после разворачивания первого листа из его пазухи появлялся второй, а затем с таким же интервалом третий и четвертый листья.

Одновременно с листьями развивалась корневая система. В период появления третьего листа образовывался подземный узел кущения. Начало кущения ячменя отмечалось на 18-23 день. В данный период у растений ячменя протекает важнейший процесс образования корней, он наиболее интенсивно потребляет из почвы питательные вещества и воду. Переувлажнение почвы и низкая температура может привести к повреждению корневыми гнилями. Влажность почвы и температура воздуха в июне – июле была ниже средних многолетних значений, вследствие чего фаза кущения растянулась. Рост стебля, за счет удлинения междоузлий, продолжался и в последующие фазы, и заканчивался к концу цветения – началу налива зерна.

В период от всходов до колошения наиболее благоприятной температурой воздуха является 20-22°C, а влажность почвы 30% [5]. За годы наблюдений в этот период по Псковскому району температура была ниже и составляла 13-16°C, количество осадков в июне – июле также ниже средних многолетних значений, влажность почвы при этом составляла 18-20%. Это способствовало тому, что процесс образования и созревания зерна был более длительным и продолжался в течение 60 дней. При сложившихся условиях в годы исследований вегетационный период ячменя составлял около 92 дней.

В наблюдаемые годы (2014-2016) на прохождении фенологических фаз в большей степени влияли условия окружающей среды, нежели применяемые удобрения. Определенной зависимости от изучаемых удобрений в прохождении фаз развития ячменя по отдельным вариантам выявлено не было.

Интенсификация сельскохозяйственного произ-

водства и увеличение доз азотных удобрений делают очень серьезной проблему избыточного накопления нитратной формы азота в растениеводческой продукции [6]. Нитраты – это соли азотной кислоты, они являются элементом питания растений и содержатся во всех пищевых продуктах растительного происхождения [7]. Их высокая концентрация в почве для растений не токсична, напротив она способствует усиленному росту надземной части растений, более активному протеканию процесса фотосинтеза, лучшему формированию репродуктивных органов и, как следствие, более высокому урожаю [8]. Содержание нитратов в продукции растениеводства зависит как от почвенно-климатических условий, так и от биологических особенностей растений, агротехнических приемов, сбалансированного питания, обеспеченности почвы микроэлементами, сроков посева и уборки и ряда других факторов, частью которых можно управлять. Оно изменяется по фазам развития по мере использования накопленного азота и вовлечения его в состав аминокислот и синтез белка. При этом значительное влияние на их содержание оказывает интенсивность фотосинтеза, которая зависит от характера режима азотного питания [9, 10].

Потребность в микроэлементах для восстановления нитратов до аммиака – один из существенных процессов в азотном обмене растений, который свидетельствует о большой роли микроудобрений для нормального функционирования биохимических систем растения. В таблице представлены результаты анализа растений ячменя на содержание нитратного азота в фазы выхода в трубку и начала колошения.

ПДК нитратов в зеленой массе ячменя составляет 5000 мг/кг сухого вещества [8]. Пониженная температура воздуха и недостаточное количество солнечной радиации нередко приводят к избыточному накоплению нитратного азота в растениях. В сложив-

**Содержание нитратного азота в зеленой массе ячменя, мг/кг сухого вещества**

Вариант	Выход в трубку	Начало колошения	Урожайность, ц/га
1	238,1	124,3	22,5
2	729,4	273,1	29,8
3	696,9	296,6	32,3
4	1380,0	319,9	29,0
5	1190,5	341,0	29,3
6	1353,5	277,1	28,5
7	812,5	249,5	30,2
8	1763,5	234,0	29,1
9	1190,0	150,0	30,8
10	337,7	132,0	32,4
11	228,7	125,8	32,0
12	390,9	143,8	30,9
13	347,7	162,7	28,7
НСР <sub>05</sub>			2,7

шихся условиях по всем вариантам, в которых минеральное удобрение и навоз вносили в полной дозе, содержание нитратного азота было очень высоким. В вариантах без применения микроудобрений количество нитратов варьировало от 729,4 до 1763,5 мг/кг сухого вещества, что способствовало значительному нарастанию вегетативной массы. Растения, вегетативная масса которых поражена вредителями или болезнями, накапливают нитратов больше [11]. В фазе кущения и начала выхода в трубку значительное поражение посевов тлей и вспышка гельминтоспориоза, наравне с погодными условиями, также привели к повышению содержания нитратов в зеленой массе ячменя. Применение микроэлементного удобрения Аквадон-Микро несколько оптимизировало содержание нитратного азота в зеленой массе ячменя, под его влиянием оно уменьшилось

до 228,7-1190,5 мг/кг сухого вещества в зависимости от применяемых удобрений (навоз, известь, минеральные удобрения), что в дальнейшем положительно сказалось на росте и развитии растений, повышении его устойчивости к стрессовым ситуациям. Это наблюдалось на всех фонах удобренности. В фазе колошения потребность в азоте сокращается, а следовательно и содержание нитратного азота было значительно ниже, но такая закономерность, в основном сохранялась.

**Таким образом, применение микроэлементного удобрения Аквадон-Микро способствовало адаптивным функциям растений ячменя, стабилизировало содержание нитратного азота в зеленой массе за счет лучшего усвоения азота из минеральных удобрений, следовательно сделало возможным сокращение дозы внесения последних.**

#### Литература

1. Влияние условий среды на развитие растений [Электронный ресурс] – <http://ogorodstvo.com/rasteniyevodstvo/-obshchiye-svedeniya-o-rasteniyevodstve/vliyanie-usloviy-sredy-na-razvitie-rastenij.html>.
2. Бояркин Е.В., Дорофеев Н.В., Пешкова А.А. Восстановление нитратов в органах растений вида *Raphanus sativus* // Физиология и биохимия культурных растений, 2004, Т. 36, № 3. – С. 257-261.
3. Иванов И.А., Спасов В.П., Иванов А.И. Почвы Псковской области и их сельскохозяйственное использование – Великие Луки, 1997. – 263 с.
4. Наумкин В.Н., Ступин А.С. Технология растениеводства [Электронный ресурс]: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2014. – 592 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/51943>, по подписке. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Панников В.Д., Минеев В.Г. Погода, климат, удобрения и урожай. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
6. Назарюк В.М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 257 с.
7. Сопильняк Н.Т., Федотова Л.С. Удобрения и качество продукции // Картофель и овощи, 1987, № 5. – С. 18-19.
8. Ажиба Я.И., Реутов В.П., Каюшин Л.П. Экологические и медико-биологические аспекты проблемы загрязнения окружающей среды нитратами и нитритами // Физиология человека, 1990, Т. 16, № 3. – С. 131-149.
9. Кидин В.В., Илюк Е.Н. Использование растениями и особенности трансформации аммонийного и нитратного азота разных горизонтов дерново-подзолистой почвы // Агрохимия, 2006, № 11. – С. 3-9.
10. Завалин А.А. Дополнительный источник азотного питания // Агро XX, 2000, № 1. – С. 14-15.
11. Церлинг В.В. Индикаторный орган растений на избыток нитратов // Химизация сельского хозяйства, 1988, № 10. – С. 50-52.

## ИНФОРМАЦИЯ

**16-17 апреля 2018 г.** во ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова состоялось Всероссийское координационное совещание научных учреждений – участников Географической сети опытов с удобрениями.

На протяжении всей истории результаты Географической сети опытов с удобрениями, созданной в 1941 г. по инициативе Д.Н. Прянишникова, служат экспериментальным фундаментом исследований в агрохимии, почвоведении, земледелии, экологии и других направлениях науки.

В работе совещания приняли участие ученые из 35 научных организаций, было заслушано 54 доклада, было отмечено, что несмотря на сложные экономические условия удалось сохранить длительные полевые опыты, многие из которых в настоящее время требуют реконструкции и современного оснащения.

Участники совещания обратились в ФАНО России с просьбой рассмотреть порядок организации целевого финансирования наиболее значимых стационаров, оказать финансовую поддержку по оснащению современной малогабаритной техникой, метеостанциями, аналитическим оборудованием, а также внести в Росреестр предложение об отнесении земельных участков, на которых размещены длительные стационарные опыты с удобрениями, к особо ценным землям в соответствии со ст. 79 и 100 Земельного кодекса Российской Федерации.

## УТИЛИЗАЦИЯ ЗОЛЫ ОРГАНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

**Т.Ю. Бортник**, к.с.-х.н., **О.Г. Долговых**, к.пед.н., **Е.В. Лекомцева**, к.с.-х.н., **А.С. Башков**, д.с.-х.н.  
Ижевская государственная сельскохозяйственная академия; e-mail: [agrohim@izhgsha.ru](mailto:agrohim@izhgsha.ru)

В 2013-2017 гг. на дерново-подзолистых почвах Удмуртской Республики были проведены полевые опыты по изучению эффективности использования золы льняной костры, птичьего помета и отходов древесины в качестве удобрения сельскохозяйственных культур. Схемы опытов включали варианты с различными дозами золы (по фосфору  $P_{30-90}$ ) и с внесением смеси односторонних минеральных удобрений в аналогичных дозах. Выявлено существенное положительное влияние золы на урожайность картофеля; в среднем за три года оказалась эффективной доза внесения  $P_{30-60}$ ; получены существенные прибавки урожайности 3,6-3,9 т/га относительно контроля. Действие золы не уступает эффективности смеси минеральных удобрений. Лен-долгунец показал высокую отзывчивость на внесение золы, особенно на фоне некорневой подкормки карбамидом в дозе  $N_{40}$ ; достоверные прибавки урожайности соломы составили 1,09-1,45 т/га. Получено существенное увеличение содержания элементов питания в соломе и семенах льна, а также возрос их вынос с урожаем. Нормативные показатели выноса находились в значительной связи с применением удобрений и составили:  $N$  29,4-46,4 кг/т;  $P_2O_5$  12,6-17,6 и  $K_2O$  19,9-24,0 кг/т соломы. Выявлено существенное последствие золы на урожайность клевера лугового 1 и 2 года пользования. Эффективность золы органосодержащих отходов с учетом ее последствие выразилась в достоверном увеличении продуктивности культур севооборота в среднем за год на 0,28-0,44 т зерн.ед/га.

**Ключевые слова:** утилизация органосодержащих отходов, энергосбережение, зола, дерново-подзолистая почва, севооборот, картофель, лен-долгунец, урожайность.

### UTILIZATION THE ASH OF ORGAN-CONTAINING WASTE IN AGRICULTURAL PRODUCTION

*Ph.D. T.Yu. Bortnik, Ph.D. O.G. Dolgovykh, Ph.D. E.V. Lekomtseva, Dr.Sci. A.S. Bashkov*  
Izhevsk State Agricultural Academy, e-mail: [agrohim@izhgsha.ru](mailto:agrohim@izhgsha.ru)

Field experiments on the study of the efficiency of ash utilization of organ-containing wastes as a fertilizer for crops were conducted on soddy-podzolic soils of the Udmurt Republic in 2013-2017. The object of research was the ashes of flax sheave, bird litters and wood waste. Schemes of experiments included variants with different doses of ash (according to phosphorus  $P_{30-90}$ ) and with the introduction of a mixture of unilateral mineral fertilizers in similar doses. A significant positive effect of ash on potato yield is revealed. On average, for three years, the use of ashes for potatoes was effective at doses  $P_{30-60}$ . Substantial addition yields increase 3.6-3.9 t/ha with respect to control were obtained. The effect of ash is not inferior to the effectiveness of a mixture of mineral fertilizers. Long-stalked flax showed high responsiveness to the ash applying, especially against the background of foliage spraying with carbamide in a dose of  $N_{40}$ . Reliable increases in the yield of straw were 1.09-1.45 t/ha. A significant increase in the nutrients content in straw and flax seeds was obtained, and their removal increased with harvest. The statutory indicators of removal were in considerable connection with the use of fertilizers and amounted to:  $N$  29.4-46.4 kg/t;  $P_2O_5$  12.6-17.6 and  $K_2O$  19.9-24.0 kg/t of straw. A significant aftereffect of ash on the yield of clover meadow 1 and 2 years of use was revealed. The efficiency of the ash of organ-containing waste, taking into account its aftereffect, was expressed in a reliable increase in the crops productivity of crop rotation on average by 0.28-0.44 tons of grain units per hectare.

**Keywords:** utilization of organ-containing waste, energy saving, ash, soddy-podzolic soil, crop rotation, potatoes, long-stalked flax, yields.

Проблема утилизации органосодержащих отходов одна из актуальных в современных условиях. Разработан ряд технологий для ее решения, однако все они в той или иной мере оказывают существенное негативное влияние на окружающую среду [1, 2]. За рубежом довольно широко распространена техноло-

гия прямого сжигания, выбросы которой загрязняют атмосферу; кроме того при этом происходят безвозвратные потери биофильных элементов. Однако прямое сжигание возможно реализовать в том случае, если невозможен другой более эффективный способ утилизации [3]. Многие органосодержащие

отходы используют как биотопливо и получают при этом тепловую и электрическую энергию. Современные системы сжигания биомассы обеспечивают низкие уровни выброса CO, NO<sub>2</sub> и общего органического углерода. В связи с увеличением использования органосодержащих отходов в качестве топлива возрастает количество золы и возникает вопрос о необходимости ее использования [3].

В России льнозаводы в процессе производства продукции из льна накапливают большое количество отходов в виде костры, одно предприятие льнопереработки получает до 10000 т костры в год. Существует два способа ее утилизации: превращение в компост и вывоз на поля, либо использование в местной котельной в качестве биотоплива, с последующей утилизацией золы для внесения в почву. При этом важно замкнуть технологическую цепочку и использовать энергию, выделяемую при сжигании, на нужды предприятия. В то же время при использовании золы в качестве удобрения происходит возврат элементов питания в почву. Различные виды золы содержат полный набор зольных элементов питания, среди которых преобладают калий, кальций и фосфор, кроме того зола имеет щелочную реакцию и проявляет высокую эффективность на кислых почвах [4-7]. В связи с высокой ценой на минеральные удобрения применение золы в качестве удобрения становится актуальным.

**Цель исследования** – изучить эффективность применения золы органосодержащих отходов в качестве удобрения сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах.

**Объекты, методы и условия исследований.** Зола органосодержащих отходов (льняной костры, птичьего помета и отходов древесины) была получена в установке для сжигания биомассы, разработанной и сконструированной ООО «Энергоремонт» (г. Глазов, Удмуртская Республика). Химический состав различных видов золы представлен в таблице 1. Анализ золы птичьего помета (ПП) проведен в лаборатории ОАО «Агрохимцентр «Удмуртский»; золу отходов древесины (ОД) и льняной костры (ЛК) анализировали в лаборатории агрономического факультета ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Представленные виды золы рассматривались как источники поступления в почву фосфора и калия, так как эти элементы содержатся в наибольшем количестве. Поэтому для расчета доз внесения за основу было взято содержание фосфора. Незначительное количество азота в составе золы птичьего

го помета связано с неполнотой сгорания биомассы. Это количество было учтено при расчетах доз смеси односторонних минеральных удобрений, варианты с которыми были введены в схемы опытов для сравнения с золой.

В 2013-2015 гг. проведены три однолетних микрополевых опыта с картофелем на дерново-подзолистых почвах Завьяловского района Удмуртской Республики. В опытах использована зола льняной костры. Схема опыта включала следующие варианты: 1. Без удобрений (контроль), 2. Зола (P<sub>30</sub>), 3. Зола (P<sub>60</sub>), 4. Зола (P<sub>90</sub>), 5. P<sub>30</sub>K<sub>22</sub>, 6. P<sub>60</sub>K<sub>44</sub>, 7. P<sub>90</sub>K<sub>66</sub>.

Варианты РК – это смесь суперфосфата гранулированного и хлористого калия, дозы которых были аналогичны вариантам с внесением золы. Повторность опыта пятикратная; учетная площадь делянки 2,1 м<sup>2</sup>. Расположение вариантов в повторениях рендомизированное. Учет урожая сплошной.

В 2013 г. на дерново-подзолистых почвах АО «Учхоз «Июльское» Ижевской ГСХА» был заложен стационарный полевой опыт по изучению эффективности использования золы в севообороте с целью выявления ее последствий. Использовали смесь золы отходов древесины (ОД) и птичьего помета (ПП) в разных соотношениях. Соотношения 0,5:1 и 1:1 были предложены для изучения заказчиком – ООО «Энергоремонт» в зависимости от количества отходов, накапливающихся в Глазовском районе Удмуртской Республики. Схема опыта: 1. Без удобрений (контроль); 2. Зола (P<sub>30</sub>) ОД:ПП 0,5:1; в физической массе 1,03 т/га; 3. Зола (P<sub>30</sub>) ОД:ПП 1:1; в физической массе 1,07 т/га; 4. Зола (P<sub>60</sub>) ОД:ПП 0,5:1; в физической массе 2,06 т/га; 5. Зола (P<sub>60</sub>) ОД:ПП 1:1; в физической массе 2,14 т/га; 6. Зола (P<sub>90</sub>) ОД:ПП 0,5:1; в физической массе 3,09 т/га; 7. Зола (P<sub>90</sub>) ОД:ПП 1:1; в физической массе 3,21 т/га; 8. N<sub>2</sub>P<sub>30</sub>K<sub>99</sub>, 9. N<sub>4</sub>P<sub>60</sub>K<sub>198</sub>, 10. N<sub>6</sub>P<sub>90</sub>K<sub>296</sub>. В вариантах 8-10 добавлен азот в виде аммиачной селитры, так как в золе этот элемент содержится в небольшом количестве.

Исследования 2014-2017 гг. проводили в севообороте: лен-долгунец – яровая пшеница с подсевом клевера – клевер 1 года пользования – клевер 2 года пользования. Полевой опыт заложен в 2013 г. (зола и смесь минеральных удобрений внесены осенью после уборки предшествующей культуры – ячменя); на льне изучали прямое действие удобрений, а последующие культуры возделывали по последствию. Опыт заложен в четырехкратной

### 1. Химический состав золы органосодержащих отходов

Вид золы	pH <sub>KCl</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
		%				
Зола птичьего помета (ПП)	12,9	0,36	3,13	11,8	17,1	4,95
Зола отходов древесины (ОД)	8,2	-	2,50	6,48	29,8	1,80
Зола льняной костры (ЛК)	11,9	-	8,53	6,14	40,2	3,09

**2. Агрохимическая характеристика дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы перед закладкой опытов (А<sub>пах.</sub>)**

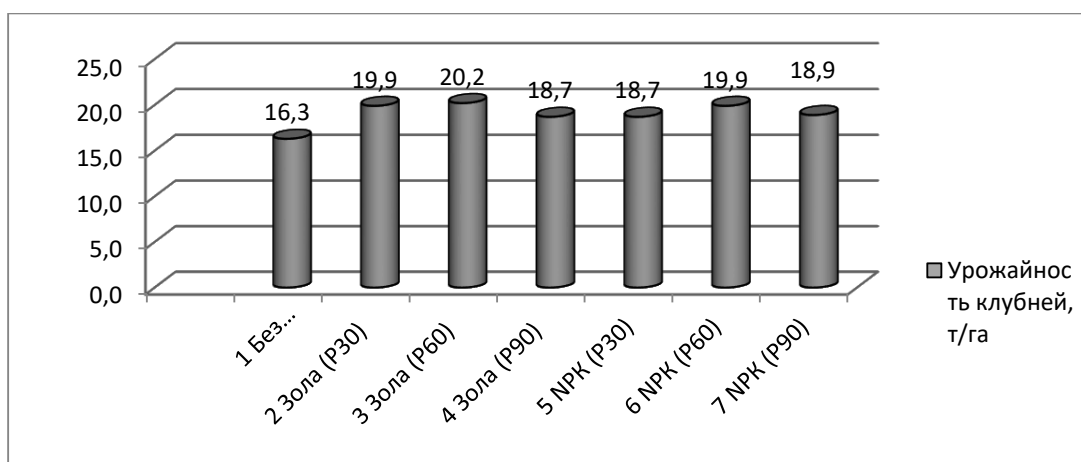
Место проведения исследований, год закладки	Гумус, %	рН <sub>KCl</sub>	S	N <sub>T</sub>	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			ммоль-экв/100 г почвы			по Кирсанову, мг/кг почвы	
Завьяловский р-н, 2013 г.	1,89	5,70	10,2	1,22	90	435	420
Завьяловский р-н, 2014 г.	1,91	6,50	8,40	0,70	92	425	421
Завьяловский р-н, 2015 г.	1,87	5,23	19,9	1,87	91	352	126
Воткинский р-н, 2013 г.	1,63	4,82	9,12	3,84	70	128	102

повторности, в два яруса, расположение вариантов рендомизированное; площадь учетной деланки 14 м<sup>2</sup>. Учет урожая сплошной. Почвы опытных участков дерново-среднеподзолистые среднесуглинистые. Три однолетних опыта с картофелем проведены в Завьяловском районе и полевой стационарный опыт в севообороте в Воткинском районе. В опытах с картофелем почвы имели реакцию близкую к нейтральной, низкое содержание гумуса, очень высокое содержание подвижного фосфора и обменного калия (за исключением 2015 г., где обеспеченность обменным калием была повышенной). В стационарном опыте, где эффективность золы изучали в севообороте, почва перед закладкой была среднекислой, с низким содержанием гумуса; обеспеченность подвижным фосфором повышенная, обменным калием – средняя (табл. 2).

**Результаты и обсуждение.** Картофель предъявляет повышенные требования к калийному питанию, поэтому применение золы органосодержащих отходов под эту культуру может стать эффективным приемом. Согласно ранее проведенным исследованиям [4] положительные результаты были получены на почвах легкого гранулометрического состава, но обобщение большого количества полевых и производственных опытов показало, что действие золы на урожайность картофеля зависит также от доз и способа внесения (рисунок).

В 2013-2014 гг. в первой половине вегетации растения испытывали острый недостаток влаги при высоких температурах, при этом внесенная перед посадкой картофеля зола растворялась плохо, что не

могло не сказаться на усвоении элементов питания из нее и на формировании урожайности клубней. Относительно благоприятно сложились условия выращивания картофеля в 2015 г. Однако во все годы даже на среднесуглинистых почвах с высокой обеспеченностью доступными формами фосфора и калия выявлено достоверное положительное влияние золы льняной костры на урожайность клубней. В среднем за три года применение золы под картофель оказалось эффективным при дозах P<sub>30-60</sub>; получены существенные прибавки 3,6-3,9 т/га при НСР<sub>05</sub> 2,6 т/га, увеличение дозы до P<sub>90</sub> не повышало урожайность. В целом применение золы льняной костры в качестве удобрения картофеля по эффективности не уступало минеральным удобрениям и положительно влияло на урожай клубней. При возделывании льна логично предположить, что энергию, получаемую при сжигании льняной костры на льнозаводах, можно использовать для производства продукции из льна, а золу – в качестве удобрения льна-долгунца. Лен-долгунец – культура, широко возделываемая в Удмуртской Республике [7], но в связи со слаборазвитой корневой системой очень требователен к питанию [8-11]. Таким образом, зола органосодержащих отходов может стать ценным источником элементов питания для растений льна. Поэтому использовали смесь золы птичьего помета и отходов древесины, которая была внесена с осени 2013 г.; в этот же срок внесли и фосфорно-калийные удобрения. Кроме того в опыте была предусмотрена некорневая подкормка карбамидом в фазе «елочки» в дозе N<sub>40</sub> путем расщепления де-



**Влияние золы льняной костры на урожайность картофеля (2013-2015 гг.)**

**3. Влияние золы органосодержащих отходов на урожайность соломы и семян льна-долгунца (АО «Учхоз «Июльское» ИжГСХА», 2014 г.)**

Вариант (фактор А)	Урожайность соломы, т/га			Урожайность семян, ц/га		
	без подкормки	N <sub>40</sub> (фактор В)	среднее по фактору А	без подкормки	N <sub>40</sub> (фактор В)	среднее по фактору А
Без удобрений (контроль)	0,93	1,30	1,1	1,0	1,3	1,1
Зола (P <sub>30</sub> ) ОД:ПП = 0,5:1	1,06	1,60	1,3	1,3	1,6	1,4
Зола (P <sub>30</sub> ) ОД:ПП = 1:1	1,22	2,75	1,9	1,0	1,4	1,2
Зола (P <sub>60</sub> ) ОД:ПП = 0,5:1	1,62	2,39	2,0	1,5	1,0	1,2
Зола (P <sub>60</sub> ) ОД:ПП = 1:1	1,29	2,75	2,0	1,3	1,5	1,4
Зола (P <sub>90</sub> ) ОД:ПП = 0,5:1	1,62	2,39	2,0	1,2	1,5	1,3
Зола (P <sub>90</sub> ) ОД:ПП = 1:1	1,36	1,39	1,3	1,0	1,2	1,1
N <sub>2</sub> P <sub>30</sub> K <sub>99</sub>	1,32	1,48	1,4	1,2	1,0	1,1
N <sub>4</sub> P <sub>60</sub> K <sub>198</sub>	1,25	1,88	1,5	1,2	1,6	1,4
N <sub>6</sub> P <sub>90</sub> K <sub>297</sub>	1,13	1,45	1,2	1,0	1,1	1,0
Среднее по фактору В	1,28	1,93		1,2	1,3	
НСР <sub>05</sub> по фактору А		0,69			0,2	
НСР <sub>05</sub> по фактору В		0,48			0,2	
НСР <sub>05</sub> по фактору А		0,48			0,1	
НСР <sub>05</sub> по фактору В		0,15			0,1	

Примечание: ОД – отходы древесины; ПП – птичий помет.

лянок. Опыт можно рассматривать как двухфакторный, где фактор А – дозы золы и минеральных удобрений; фактор В – подкормка карбамидом.

Начало вегетационного периода 2014 г. было жарким и засушливым; в мае выпадение осадков составило 41% от нормы, а температура на 4,2°С превысила среднемноголетний показатель. Последующее выпадение осадков в июне и июле соответственно 159 и 137% по отношению к среднемноголетнему показателю способствовало эффективному усвоению элементов питания. Применение азотной подкормки (фактор В) существенно повысило урожайность соломы льна в среднем на 0,65 т/га и семян – на 0,1 т/га (табл. 3). Повышение урожайности соломы под влиянием азота обусловлено достоверным увеличением общей и технической длины растений – в среднем по фактору В соответственно на 7,7 и 3,6 см относительно контроля. На фоне азотной подкормки ярко проявилась и эффективность золы: во всех вариантах с ее использованием (за исключением варианта 2) получены достоверные прибавки урожайности соломы – 1,09-1,45 т/га. При этом не выявлены существенные различия между вариантами с разным соотношением видов золы. Эффективность смеси минеральных удобрений проявилась лишь на уровне тенденции увеличения урожайности. Не выявлена закономерная связь урожайности семян с применением удобрений.

Результаты анализа семян льна на содержание жира методом обезжиренного остатка показали, что оно колеблется в пределах 36,4-43,7% и не зависит от внесенных удобрений. В то же время содержание элементов питания в продукции льна существенно изменялось. Так, содержание азота в соломе под влиянием азотной подкормки возросло в среднем на 0,11% при НСР<sub>05</sub> главных эффектов

по фактору В = 0,04%. В семенах этот показатель увеличился в среднем на 0,13% при НСР<sub>05</sub> главных эффектов по фактору В = 0,06%. От внесения различных доз фосфора и калия в составе золы или минеральных удобрений содержание азота в продукции льна не претерпевало изменений. Однако выявлены существенные изменения содержания фосфора и калия, как в соломе, так и в семенах льна. Среднее содержание фосфора в соломе составило 0,31% без азотной подкормки и 0,41% с подкормкой; в семенах соответственно 1,31 и 1,35%. Таким образом, опрыскивание растений раствором карбамида в дозе N<sub>40</sub> способствовало более интенсивному усвоению фосфора. Применение различных доз фосфора и калия в составе золы и минеральных удобрений увеличивало содержание фосфора в соломе на 0,17%, в семенах – на 0,07-0,27%.

Такие же закономерности выражены и по содержанию калия. Так, содержание калия в соломе в среднем составило 1,51% без подкормки и 1,63% с подкормкой; в семенах соответственно 0,85 и 0,90%. Существенно возросло содержание калия в соломе и семенах также в зависимости от применения золы и смеси минеральных удобрений практически во всех вариантах. Достоверное увеличение относительно контроля в соломе составило 0,18-0,29% и 0,10-0,27% в семенах.

Полученные данные позволили рассчитать показатели выноса элементов питания с урожайностью льна-долгунца. Так, средний вынос азота составил 48,8 кг/га без азотной подкормки и 60,1 кг/га с применением N<sub>40</sub>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> соответственно – 18,8 и 25,0 кг/га; K<sub>2</sub>O – 27,5 и 40,9 кг/га. Возрастал вынос и при различных дозах золы и смеси минеральных удобрений относительно контроля. Показатели выноса элементов питания в кг/т соломы с соответствующим

#### 4. Влияние золы органосодержащих отходов на продуктивность культур севооборота, зерн.ед/га (АО «Учхоз «Июльское» ИжГСХА»)

Вариант	Льн-долгунец (2014 г.)	Яровая пше- ница (2015 г.)	Клевер 1 г.п. (2016 г.)	Клевер 2 г.п. (2017 г.)	Средняя продуктивность в год	
					т зерн.ед/га	± к контролю
Без удобрений (контроль)	0,75	1,31	2,71	2,29	1,58	-
Зола (P <sub>30</sub> ) ОД:ПП = 0,5:1	0,92	1,40	2,99	2,93	1,86	0,28
Зола (P <sub>30</sub> ) ОД:ПП = 1:1	0,95	1,45	3,05	2,90	1,89	0,31
Зола (P <sub>60</sub> ) ОД:ПП = 0,5:1	1,14	1,40	3,21	2,91	1,97	0,39
Зола (P <sub>60</sub> ) ОД:ПП = 1:1	1,38	1,38	3,18	3,13	2,01	0,43
Зола (P <sub>90</sub> ) ОД:ПП = 0,5:1	1,23	1,48	3,26	3,00	2,00	0,42
Зола (P <sub>90</sub> ) ОД:ПП = 1:1	1,18	1,39	3,28	3,35	2,02	0,44
N <sub>2</sub> P <sub>30</sub> K <sub>99</sub>	0,77	1,41	2,92	2,48	1,72	0,14
N <sub>4</sub> P <sub>60</sub> K <sub>198</sub>	1,03	1,36	3,10	2,45	1,82	0,24
N <sub>6</sub> P <sub>90</sub> K <sub>297</sub>	0,78	1,36	3,15	2,70	1,86	0,27
НСР <sub>05</sub>						0,21

количеством семян зависели от внесения удобрений; по азоту изменялись в пределах 29,4-46,4; по фосфору – 12,6-17,6; по калию – 19,9-24,0 кг/т.

**Применение золы органосодержащих отходов в севообороте.** По последствию внесенной в 2013 г. золы в опыте выращивали яровую пшеницу с подсевом клевера, а затем в течение двух лет – клевер луговой. Культуры севооборота показали разную отзывчивость на удобрения (табл. 4). Так, в условиях 2015 г. при возделывании яровой пшеницы не выявлено последствие золы и смеси минеральных удобрений, отклонения от контроля находятся на уровне положительной тенденции. В то же время клевер луговой в течение двух лет хорошо отзывался на ранее внесенные удобрения; продуктивность этой культуры по последствию золы и минеральных удобрений существенно превышала показатели на контроле. Следует отметить, что не

выявлены достоверные различия по продуктивности клевера в зависимости от разных соотношений видов золы. Использование золы с учетом ее последствия существенно повышало продуктивность культур севооборота в среднем за год на 0,28-0,44 т зерн.ед/га. Использование минеральных удобрений оказало выраженное положительное влияние лишь при внесении в дозах по фосфору P<sub>60-90</sub>.

*Таким образом, полученные результаты позволяют рекомендовать сельскохозяйственному производству применение золы органосодержащих отходов в качестве удобрения картофеля, льна-долгунца и клевера в дозах по фосфору P<sub>30-60</sub> при возделывании на дерново-подзолистых почвах. С учетом последствия золу можно вносить 1 раз в четыре года, при этом следует предусмотреть использование азотной подкормки льна-долгунца.*

#### Литература

1. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 311 с.
2. Белоухов С.Л., Сюняев Н.К., Сюняева О.И., Прохоров И.С. Применение отходов производства кофе для удобрения овса на дерново-подзолистой супесчаной почве // *Агрохимия*, 2016, № 2. – С. 65-70.
3. Wildbacher N. Утилизация золы котельных, работающих на древесном топливе. – Минск, 2007. – 28 с.
4. Соловьев П.П. Зола и ее применение на удобрение. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 112 с.
5. Субботина М.Г., Михайлова Л.А., Алешин М.А. Влияние золы биологических отходов на урожайность сельскохозяйственных культур и свойства дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы / Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Материалы V Межд. Эколог. конф. - Краснодар: КубГАУ, 2017. – 473-476.
6. Яковлев Д.В., Бортник Т.Ю. Эффективность использования золы как продукта термической переработки органосодержащих отходов в качестве удобрения сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах // *Пермский аграрный вестник*, 2016, № 4 (16). – С. 65-70.
7. Бортник Т.Ю., Яковлев Д.В. Эффективность золы органосодержащих отходов в полевом севообороте на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве / *Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения: Материалы международной научно-практической конференции*. – Н.Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. – С. 164-168.
8. Корепанова Е.В. Адаптивная технология возделывания льна-долгунца на волокно и семена в Среднем Предуралье: автореф. дисс. д.с.-х.н. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. – 40 с.
9. Башков А.С., Бортник Т.Ю. Система удобрения льна-долгунца // *Вестник Ижевской ГСХА*, 2006, № 2. – С. 59-62.
10. Белоухов С.Л., Дмитриевская И.И., Прохоров И.С., Сторчевой В.Ф. Активированные защитно-стимулирующие комплексы для обработки семян льна-долгунца // *Научная жизнь*, 2016, № 2. – С. 75-83.
11. Белоухов С.Л., Дмитриевская И.И., Прохоров И.С., Григораш А.И. Влияние биопрепарат Флоравит на рост, развитие и урожайность льна-долгунца // *Агрохимический вестник*, 2014, № 6. – С. 28-30.

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ И АГРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОДородия в УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ САДОВЫХ НЕКОММЕРЧЕСКИХ ТОВАРИЩЕСТВ)

Д.В. Белоброва, аспирант (научный руководитель – Д.А. Шаповалов, д.т.н.)  
Государственный университет по землеустройству, e-mail: dariabelv@mail.ru

*Представлены результаты первичного почвенно-агрохимического мониторинга крупного (150 га) садового некоммерческого товарищества (СНТ), основанного 25 лет назад. Картографирование почвенного покрова в масштабе 1:5000 показало, что за время, прошедшее с момента формирования СНТ, свойства доминировавших исходных почв гидроморфного ряда трансформировались в антропогенно-преобразованные и агроземы. Наиболее контрастные изменения произошли в почвах на участках с интенсивным освоением, где применяются в основном органические, а также минеральные удобрения, сидераты и формируется агрогенный (грядовой) микрорельеф, антропогенная микроструктура почвенного покрова. Агрохимические свойства почв существенно отличаются от фоновых текстурно-дифференцированных почв под лесом. Более 60% почв территории имеют  $pH_{H_2O}$  выше 6,0. Преобладают средне гумусированные почвы (3-5% гумуса). В слое 0-10 см их около 85%, а в слое 10-20 см около 55%. Более половины почв (~54%), высоко- и средне обеспечены подвижным фосфором, обменным калием обеспечены только около 5%. Полученные данные отражают современные тенденции в трансформации почвенного покрова при интенсивном освоении, характерном для землепользования в СНТ. Эти изменения характеризуют очевидный рост продуктивности почв земельных участков и целесообразность учета этих изменений в базовых документах, отвечающих за реестр почвенных ресурсов страны на локальном уровне.*

**Ключевые слова:** мониторинг, картографирование, антропогенно-преобразованные почвы, агроземы, землепользование, локальный уровень.

## TRANSFORMATION OF SOILS AND AGROCHEMICAL PARAMETERS OF FERTILITY IN CONDITIONS OF INTENSIVE LAND USE (ON THE EXAMPLE OF GARDEN NON-COMMERCIAL PARTNERSHIPS)

Ph.D. student D.V. Belobrova (scientific supervisor – Dr.Sci. D.A. Shapovalov)  
State University for Land Use Planning, e-mail: dariabelv@mail.ru

*The results of the primary soil-agrochemical monitoring of a large (150 hectare) garden non-commercial partnership (GNP), founded 25 years ago. Mapping the soil cover at a scale of 1:5000 showed that during the time that has passed since the formation of the GNP, the properties of the dominant initial soils of hydromorphic series have been transformed into anthropogenically transformed and agrozeems. The most contrasting changes occurred in soils on sites with intensive development, where mainly organic, as well as mineral fertilizers, siderates are used and an agrogenic (ridge) microrelief is formed, the anthropogenic microstructure of the soil cover. Agrochemical properties of soils are significantly different from background texture-differentiated soils under forest. More than 60% of the territory's soils have  $pH_{H_2O}$  higher than 6.0. Medium humus soils predominate (3-5% humus). In the 0-10 cm layer, they are about 85%, and in the 10-20 cm layer about 55%. More than half of the soils (~54%), high and medium are provided with mobile phosphorus, exchangeable potassium is provided only about 5%. The obtained data reflect the current trends in the transformation of the soil cover with intensive development, typical for land use in GNP. These changes characterize the apparent increase in the productivity of soil in land and the feasibility of accounting for these changes in the basic documents responsible for the register of country's soil resources at the local level.*

**Keywords:** monitoring, mapping, anthropogenically transformed soils, agrozeems, land use, local level.

Среди почвенных ресурсов России особое место занимают земли садовых некоммерческих товариществ (СНТ). Они представляют собой рекреационную сферу использования земель и в определен-

ной степени вовлечены в производство сельскохозяйственной продукции индивидуального пользования. Информационное обеспечение земельно-оценочных работ в СНТ законодательством не

предусмотрено, хотя изменения в свойствах почв носят достаточно масштабный характер с проградационным трендом. В Московской области зарегистрированных СНТ насчитывается около 12 тыс., общей площадью свыше 200 тыс. га. Фактически каждое СНТ представляет собой единый земельный участок, имеющий налогооблагаемую базу, оценка которой базируется в основном на рыночной цене [1] и показателях свойств почв, полученных на основе крупномасштабных (1:10000-1:25000) почвенных обследований советского периода землепользования [2]. Новый федеральный закон [3, 4] и разработанные на его основе методические указания расширили поле кадастровой оценки земель, выделив 14 сегментов по видам использования земельных участков с соответствующими кодами расчета. Самостоятельным 13 сегментом стало «Садоводческое, огородническое и дачное использование, малоэтажная жилая застройка». Это определяет актуальность и необходимость периодической оценки продуктивности земель СНТ на локальном уровне, поскольку с течением времени она меняется в силу как природных, так и в большей степени антропогенных факторов.

В России принят единый государственный реестр почвенных ресурсов (ЕГРПР) [5], который отвечает задаче учета почвенных ресурсов на федеральном уровне [6]. Информационное обеспечение реестра на региональном уровне решается на уровне субъектов РФ [7]. На локальном уровне требуются дополнения к новым методическим указаниям в виде рекомендаций и программного обеспечения [8], которые могут быть получены при мониторинге земель СНТ, формировании обоснованной налогооблагаемой и базы данных по почвам земельных участков. Основу такой базы составляют агрохимические параметры, достаточно мобильные во времени и пространстве, определяющие плодородие почв.

**Цель исследования** – оценить трансформацию почв и агрохимических параметров плодородия в условиях интенсивного землепользования на примере крупного СНТ Московской области. Мониторинг почвенного покрова СНТ, как единого земельного участка, соответствует наиболее детальному уровню обследования, который включает характеристику элементарных почвенных ареалов (ЭПА) и микроструктур почвенного покрова и отвечает локальному уровню обеспечения ЕГРПР.

**Объекты и методы.** Исследования проводили на территории СНТ «Горелый лес» Ногинского района Московской области, общей площадью 151 га (1507 земельных участков). Товарищество организовано в 1991 г., полностью охватив территорию болота «Алексеевское» и частично земли совхоза «Ногинский». В довоенный и послевоенный периоды территории болота использовали под торфораз-

работки, в результате которых большая часть торфяной залежи была вывезена на бывшую Морозовскую ткацкую фабрику в г. Ногинск.

Почвы совхоза (~15 га) использовали под зерновые культуры (ячмень, овес, пшеница) и кормовые травы. По Классификации 1977 г. они относятся к дерново-подзолистым окультуренным, оглееным в разной степени в нижней части профиля. На остальной заболоченной территории СНТ господствовали торфяные болотные низинные почвы (~110 га) и по периферии болота преимущественно дерново-подзолистые псевдофибровые, а также контактно-глубокоглеватые и дерново-глеевые почвы (~15 га). Все почвы СНТ формируются на флювиогляциальных отложениях песчано-супесчаного состава. На заболоченной территории песчаные отложения имеют мощность не менее 1 м, подстилаются юрскими водонепроницаемыми глинами, что создает водоупор и поверхностное переувлажнение почв. Вся заболоченная территория в планах «Мосгипроводхоза» на период 1990-х годов предназначалась для мелиорации и использования земель под кормовые культуры, причем в существовавшем проекте время выхода на рентабельное производство планировалось через 20 лет.

Методика обследования 2016 г. включала несколько этапов почвенно-агрохимического картирования:

1. На основе топографической карты 1:5000 масштаба анализировали характер мезорельефа, намечали маршруты и предполагаемые участки для детального обследования.

2. Окружающие СНТ дерново-подзолистые почвы под лесом и мелиорированные торфяники характеризовались эталонными разрезами, свойства которых, наряду с другими показателями, легли в основу рыночной оценки кадастровой стоимости земель СНТ.

3. На выбранных участках проводили бурение почв до почвообразующих пород и/или грунтовых вод в нескольких местах (обычно не более 3 буровых на участок площадью от 800 до 1500 м<sup>2</sup>), характеризующих разную степень освоенности почв. Описания морфологических свойств почв [9] сопровождалось взятием образцов в слоях 0-10 и 10-20 см, реже по всему профилю. Идентификацию почвенных горизонтов и генетических профилей буровых скважин уточняли по эталонным разрезам.

4. Образцы представительных буровых скважин анализировали в Почвенном институте им. В.В. Докучаева общепринятыми методами: определение рН<sub>H2O</sub> и рН<sub>KCl</sub> потенциометрически; содержание гумуса по Тюрину; подвижных фосфора по Кирсанову и Чирикову и подвижного калия по Масловой.

5. На основе почвенно-агрохимического картирования, анализа морфологических и аналитических данных была составлена почвенная карта СНТ

в масштабе 1:5000, отражающая состояние почвенного покрова на период обследования (табл. 1), а также оценены произошедшие с почвами за прошедшие годы освоения изменения (трансформация), как отдельных земельных участков, так и почвенного покрова СНТ в целом.

**Результаты.** Освоение земельных участков шло неравномерно, быстрее на бывших землях совхоза «Ногинский», медленнее в заболоченной части СНТ. Для отвода поверхностных вод на участках использовалась локальная дренажная сеть, грунтовых вод – магистральные каналы. На многие участки в заболоченной части СНТ завозили почвенный гумусированный материал, песок, битый кирпич, щебень. По мере осушения и поднятия поверхности участка шло формирование почв под огороды, а затем для создания зеленых газонов и выращивания древесно-кустарниковых пород. Восточная и северная периферия СНТ занята лесным массивом с типичными дерново-подзолистыми глееватыми почвами – ПД<sup>f</sup>. Вся западная и южная периферия территории СНТ представляет собой мелиорированные в 70-80-х годах XX в. земли совхоза «Ногинский», использовавшиеся исключительно для выращивания кормовых трав (табл. 1).

При почвенном картировании СНТ был составлен список почв, характеризующих почвенный покров и занимаемую ими площадь до начала освоения и на момент обследования, июль 2016 г.

За 25 лет освоения земельных участков в почвах произошли существенные изменения. Осушение заболоченной территории привело к снижению уровня грунтовых вод (УГВ). К концу лета УГВ падает на 2-3 м и на ряде участков ощущается дефицит воды. Как следствие поверхностные горизонты почв бывшего болота либо сухие, либо слабо увлажнены. В профиле почв преобладают трехвалентные формы железа, в результате чего глеевые

горизонты приобретают пеструю окраску с преобладанием ржавых и бурых тонов над сизыми.

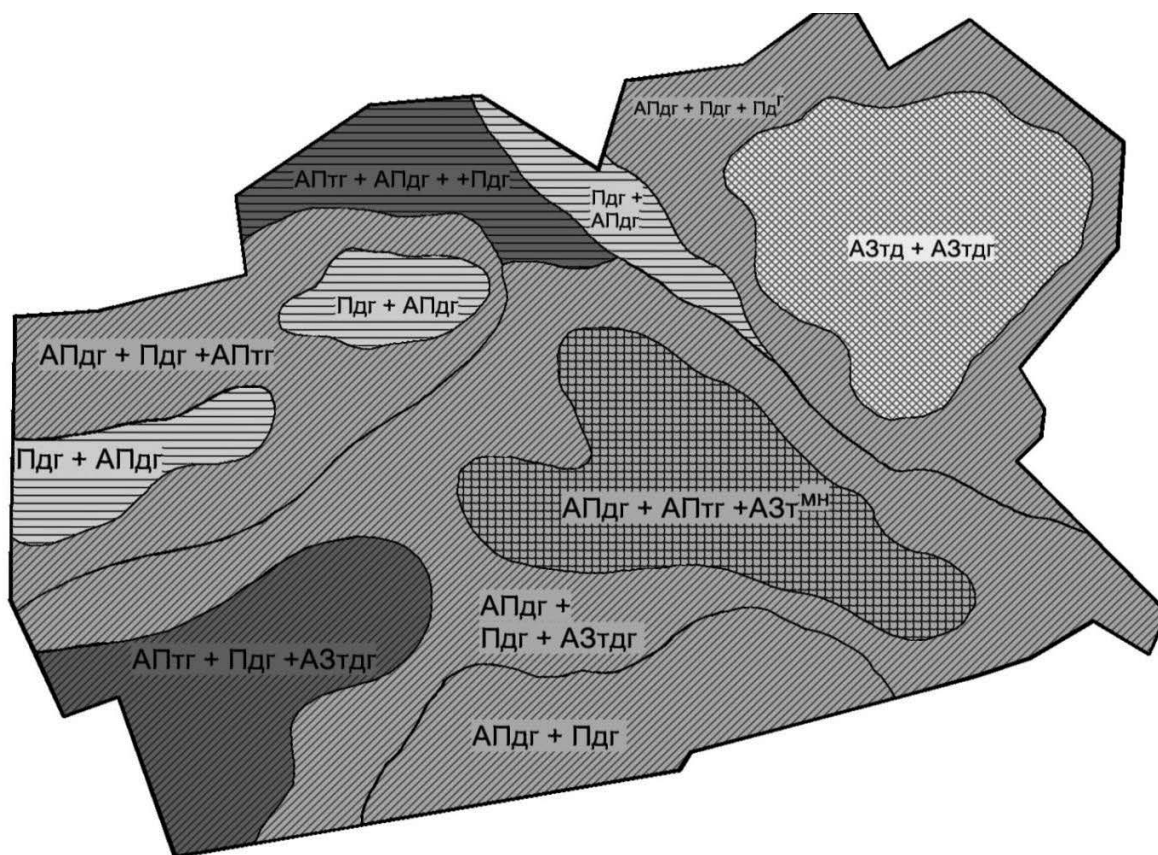
Почвы из типа болотных низинных и оторфованных болотных трансформировались в зональные переувлажненные дерново-подзолисто-глееватые и глеевые почвы с характерными, но в разной степени выраженными в профиле признаками оподзоливания над иллювиальной частью.

Наибольшие изменения выявились в органогенной части почвенных профилей. В результате окультуривания большая часть торфянисто- и торфяно-глеевых болотных почв (Бтг) трансформировалась в агродерново-подзолистые глеевые типичные (Апдг) и агроторфяно-подзолисто-глеевые типичные (Аптг) (рисунок, табл. 2). Диагностический признак этих почв – агрогумусовый гомогенный горизонт Р светло-серого цвета, с содержанием гумуса свыше 3-5% (табл. 3) и мощностью не свыше 25 см. Почвы бывшего болота трансформировались в агроземы текстурно-дифференцированные глеевые (АЗтдг) и агроземы минерально-торфяные (АЗт<sup>мн</sup>).

На территории СНТ, где формировались окультуренные почвы – Пд<sup>ок</sup> трансформация почвенных профилей претерпела наименьшие изменения. Снижение УГВ на 2-3 м практически не сказалось на трендах почвообразования, в которых на фоне усиления процесса гумусообразования, доминирующим следует считать дернообразование. Почвы малоосвоенных и совсем не освоенных за 25 лет земельных участков постагрогенного типа – агроземы текстурно-дифференцированные типичные, сохранили в профиле черты, присущие окультуренным в прошлом почвам – хорошую комковато-порошистую структуру, относительное переуплотнение на подплужной подошве, высокое (> 5%) содержание гумуса, нейтральную реакцию раствора (табл. 3).

### 1. Список почв СНТ «Горелый лес» на уровне подтипа

№ п/п	Название почвы	Индекс почв	Почвенный профиль, индексы горизонтов	Площадь, %
До формирования СНТ в 1991 г. (по классификации [10])				
1	Дерново-подзолистые культурные почвы	Пд <sup>ок</sup>	A <sub>пах.</sub> -A1-(A2)-B-C	15
2	Дерново-подзолистые глубокоглееватые и глееватые	Пд <sup>f</sup>	O-AO-A1-A2(A2g)-(A2/Btg)-Btg-BtCg-Cg	8
3	Дерново-подзолисто-глеевые	Пдг	A1v-A1-A2gn-Btg-G2	4
4	Торфянисто- и торфяно-глеевые болотные (глееземы торфянистые и торфяные болотные)	Бтг	O-G-(1G)	40
5	Торфяные болотные низинные	Бтн	O1-O2-O3	33
После формирования СНТ и освоения земель в 2016 г. (по классификации [9])				
1	Дерново-подзолистые глееватые	Пд <sup>f</sup>	AY-EL-BEL-BT-G-CG	5
2	Дерново-подзолисто-глеевые типичные	Пдг	AY-EL-BELg BTg G-CG	10
3	Агродерново-подзолисто-глеевые типичные	Апдг	P-(ELg)-BELg-BTg-G-CG	30
4	Агроторфяно-подзолисто-глеевые типичные	Аптг	PT-(T)-ELg-BELg-BTg-G-CG	25
5	Агроземы текстурно-дифференцированные типичные	АЗтд	P-BT-C	15
6	Агроземы минерально-торфяные	АЗт <sup>мн</sup>	PTmg-C	10
7	Агроземы текстурно-дифференцированные глеевые типичные	АЗтдг	P-BTg-G-CG	5



Почвенная карта СНТ «Горелый лес» после освоения (2016 г.); уменьшено с масштаба 1:5000

## 2. Легенда к почвенной карте

Индекс на карте	Название почв в контуре на почвенной карте
Пдг + АПдг	Сочетание дерново-подзолистых глеевых почв понижений и торфяных выработок с агродерново-подзолисто-глеевыми освоенных участков
АПдг + Пдг	Сочетание агродерново-подзолисто-глеевых почв освоенных участков с дерново-подзолистыми глеевыми почвами не освоенных и/или слабо освоенных территорий
АЗтд + АЗтдг	Сочетание агроземов текстурно-дифференцированных типичных и агроземов текстурно-дифференцированных глеевых типичных на участках с постагрогенными почвами
АПдг + Пдг + Пдг'	Сочетание агродерново-подзолисто-глеевых почв освоенных участков, дерново-подзолистых глеевых почв и дерново-подзолистых глееватых почв преимущественно не освоенных и/или слабо освоенных территорий
АПдг + Пдг + АПтг	Сочетание агродерново-подзолисто-глеевых почв освоенных участков, дерново-подзолистых глеевых почв преимущественно не освоенных и/или слабо освоенных территорий и агроторфяно-подзолисто-глеевых типичных освоенных участков
АПдг + Пдг + АЗтдг	Сочетание агродерново-подзолисто-глеевых почв освоенных участков, дерново-подзолистых глеевых почв преимущественно не освоенных и/или слабо освоенных территорий и агроземов текстурно-дифференцированных глеевых типичных хорошо освоенных участков
АПдг + АПтг + АЗтдг <sup>мн</sup>	Сочетание агродерново-подзолисто-глеевых, агроторфяно-подзолисто-глеевых типичных почв и агроземов минерально-торфяных освоенных участков
АПтг + АПдг + Пдг	Сочетание агроторфяно-подзолисто-глеевых типичных, агродерново-подзолисто-глеевых преимущественно освоенных участков и дерново-подзолистых глеевых почв не освоенных и/или слабо освоенных территорий
АПтг + Пдг + АЗтдг	Сочетание агроторфяно-подзолисто-глеевых типичных освоенных участков, дерново-подзолистых глеевых почв не освоенных и/или слабо освоенных территорий и агроземов текстурно-дифференцированных глеевых типичных преимущественно освоенных участков

Примечание. Двучленные комбинации почв обусловлены преимущественно разной степенью освоенности земель участков СНГ в условиях слабо расчлененного мезорельефа (первый занимает не менее 75% площади контура, второй – не более 25%). Трехчленные комбинации почв обусловлены разной степенью освоенности земель участков СНГ и гидроморфизма в условиях слабо расчлененного мезорельефа (первый занимает не менее 50% площади контура, второй и третий – не более 50%, причем третий всего от 10 до 25%). Штриховка на почвенной карте дается по первому компоненту.

3. Агрохимические данные почв СНТ «Горелый лес»

№ п/п	№ разреза, буровой	Индекс почвы	Глубина образца, см	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Гумус, %	Подвижный P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Обменный K <sub>2</sub> O (по Масловой)	
							мг/кг почвы		
1	329	ПдГ	0-10	5,18	4,13	4,83	25*	107,8	
2			10-20	4,94	3,97	2,31	20*	68,5	
3	341		0-10	6,18	4,98	0,28	<b>333*</b>	92,3	
4			10-20	6,09	4,78	2,09	<b>330*</b>	56,5	
5			40-50	5,11	4,09	не опр.	<b>258*</b>	64,7	
6	298		ПдГ	0-10	5,19	4,60	5,41	135*	98,9
7		10-20		5,05	4,10	3,00	55*	53,3	
8	334	0-10		5,92	5,20	6,52	<b>403*</b>	180	
9		10-20		5,67	5,0	5,29	<b>313*</b>	160,4	
10	326	0-10		6,83	6,15	8,33	<b>195</b>	168,7	
11		10-20		6,94	6,0	7,83	115	78,0	
12	298А	АПдГ	0-10	7,03	6,98	10,10	<b>570</b>	181,3	
13			10-20	7,24	7,0	8,71	<b>620</b>	168,5	
14	298Б		0-10	7,49	7,05	8,05	<b>655</b>	<b>243,0</b>	
15			10-20	7,60	6,99	7,84	<b>720</b>	<b>268,6</b>	
16	303		0-10	5,11	4,20	6,45	80*	89,7	
17			10-20	4,91	3,85	5,03	90*	47,3	
18	330	0-10	5,82	4,86	6,72	153*	49,7		
19		10-20	6,07	4,99	3,81	98*	24,9		
20	339	0-10	6,45	5,74	6,24	<b>465*</b>	131,6		
21		10-20	6,65	5,79	5,81	<b>318*</b>	81,4		
22	331	АПтГ	0-5	6,60	5,92	13,27	140	119,2	
23			5-10	6,96	6,08	13,45	130	80,4	
24	336		0-10	5,79	4,87	6,24	198*	128,5	
25			10-20	6,45	5,29	4,71	<b>330*</b>	56,3	
26	332		АЗтд	0-10	6,93	6,46	5,40	<b>345</b>	78,3
27				10-20	7,06	6,57	4,59	<b>355</b>	69,3
28	340	0-10		6,03	5,10	5,95	<b>230*</b>	174,8	
29		10-20		6,07	5,10	5,64	<b>210*</b>	58,8	
30	318	АЗтдГ		0-10	6,10	5,17	3,74	78*	60,7
31				10-20	6,0	5,20	4,74	93*	53,0
32	335		0-10	5,77	4,80	5,93	<b>223*</b>	62,4	
33			10-20	5,95	4,77	5,52	<b>250*</b>	89,8	
34	337		АЗт <sup>мн</sup>	0-10	5,35	4,35	-**	<b>263*</b>	194,7
35				10-20	4,75	3,50	-**	<b>290*</b>	123,2

\*подвижный фосфор по Кирсанову, остальные по Чирикову; жирным шрифтом выделены почвы высоко- и средне-обеспеченные фосфором и калием.

Структура почвенного покрова СНТ за прошедшее время стала более сложной: доминируют двух- и трехчленные мезокомбинации почв, обусловленные разной степенью гидроморфизма и освоения земельных участков. В целом отмечается четко выраженный тренд усиления неоднородности почвенного покрова. Она отражается в мобильных агрохимических свойствах и некоторых морфологических, характеризующих агрогенные горизонты почв (мощность гумусированного горизонта, гранулометрический состав, структура). Так, по агрохимическим показателям более 60% почв территории СНТ имеют pH<sub>H2O</sub> выше 6,0. Преобладают средне гумусированные почвы (3-5% гумуса), в слое 0-10 см их около 85%, а в слое 10-20 см около 55%. Высоко- и средне обеспечены подвижным

фосфором более половины почв (~54%), подвижным калием только около 5%.

Агрохимические параметры хорошо диагностируют разную степень освоения почв участков в СНТ (внесение органоминеральных удобрений). Например, разрез 329 и буровая 341 характеризуют соответственно целинную и освоенную ПдГ почву, а буровые 318 и 335 – агроземы, причем 318 постагрогенную почву, которая используется на участке как естественный зеленый газон, а 335 сформированную на болоте почву того же подтипа, используемую под овощные культуры.

*Таким образом, мониторинг земель СНТ показал существенные изменения в почвах за время освоения и может рассматриваться как информационное обеспечение земельно-оценочных работ с учетом почвенных параметров, отража-*

ющих современные тенденции в трансформации почвенного покрова при интенсивном освоении, характерном для землепользования в СНТ. Эти изменения характеризуют очевидный рост продуктивности почв земельных участков, целесообразность учета этих изменений в базовых документах, отвечающих за реестр почвенных ре-

сурсов страны на локальном уровне. Почвенно-агрохимические параметры при этом служат объективными диагностическими критериями при проведении мониторинга на уровне СНТ как единого земельного участка в 5-ти летнем цикле, важном для характеристики обоснованной налогооблагаемой базы.

#### Литература

1. Сапожников П.М., Третьякова Г.Б. Особенности определения рыночной стоимости земельных участков сельскохозяйственных угодий // Российская сельскохозяйственная наука, 2007, № 3. – С. 3-4.
2. Замотаев И.В., Белобров В.П., Курбатова А.Н., Белоброва Д.В. Агрогенная и постагрогенная трансформация почв Льговского района Курской области // Бюллетень Почвенного института, 2016, № 85. – С. 97-114.
3. Методические указания о государственной кадастровой оценке, утверждены Приказом Минэкономразвития РФ от 12.05.2017 № 226.
4. Федеральный закон «О государственной кадастровой оценке» от 3 июля 2016 г. № 237-ФЗ.
5. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2014. – 768 с.
6. Столбовой В.С. Единый государственный реестр почвенных ресурсов – основа развития земельных отношений в России / сборник «Современные методы исследований почв и почвенного покрова». Материалы Всероссийской конференции с международным участием. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2015. – С. 130-147.
7. Столбовой В.С., Ильин Л.И., Бибик Т.С., Ильин А.Л., Петросян Р.Д. К созданию государственного реестра почвенных ресурсов Владимирской области / сборник «Системы интенсификации земледелия как основа инновационной модернизации аграрного производства». – Суздаль, 2016. – С. 173-178.
8. Жданова Р.В. Государственная кадастровая оценка земельных участков в новых условиях // Международный сельскохозяйственный журнал. Земельные отношения и землеустройство, 2017, № 5. – С. 4-7.
9. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 341 с.
10. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 224 с.



## ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ

**Владимир Ильич Панасин** – прирожденный агрохимик-исследователь, основатель Агрохимической службы в Калининградской области, **25 марта** отметил юбилей.

Детство и юность В.И. Панасина прошли в суровые довоенные и послевоенные годы XX в. в с. Луги Екимовичского (ныне Рославльского) района Смоленской области. После окончания биолого-почвенного факультета Ленинградского университета с 1964 до 2016 г. В.И. Панасин руководил Центром агрохимической службы «Калининградский» Минсельхоза России и в настоящее время продолжает трудиться в этом Центре.

Владимир Ильич успешно сочетает производственную работу с научной деятельностью: в 1970 г. стал кандидатом наук, в 1980 г. – доктором сельскохозяйственных наук и является признанным ученым в области агрохимии, почвоведения, земледелия и растениеводства.

Им опубликовано более 450 научных работ в общесоюзных, федеральных и региональных специализированных изданиях, выпущено несколько десятков книг и монографий. Он ведет работу с научными учреждениями Польши, Германии, Норвегии, Бельгии, Швеции, стран Балтии и Белоруссии. Более 20 статей опубликовано в иностранных изданиях. Владимира Ильича глубоко уважают и почитают все агрохимики России, специалисты и руководители сельскохозяйственных предприятий области, сотрудники агрохимической службы и ученые-аграрии. Его работы по микроэлементам почв и растений широко используют в сельском хозяйстве, научной и учебной практике.

Свой юбилей Владимир Ильич встречает среди сотрудников Центра, ученых, друзей и знакомых с воодушевлением, полный сил и энергии.

**Желаем юбиляру здоровья, научного творчества, хорошего настроения, заботы и внимания со стороны друзей и соратников по агрохимической службе, близких людей, знакомых, родных.**

## НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**И.С. Прохоров, к.с.-х.н., К.В. Корнеев**

*Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела  
Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, e-mail: nauka-iac@mail.ru*

*В 2017 г., который прошел в Российской Федерации под эгидой Года Экологии, свой 100-летний юбилей отметил первый в стране Баргузинский государственный природный биосферный заповедник. В рамках Концепции развития системы особо охраняемых природных территорий федерального значения на период до 2020 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2011 г. № 2322-р, был создан научно-методический центр (ФГБУ «Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела» Минприроды России) сразу двух проектов в области экологического просвещения «Письма животным» и в области развития экологического туризма и сохранения биоразнообразия «Дикая природа России: сохранить и увидеть». В первом проекте задействованы более 100 заповедников и национальных парков. В ходе этого проекта воспитанникам школ и детских садов предлагается вступить в переписку с любым интересующим их диким животным. Во втором проекте участвуют 27 федеральных государственных бюджетных учреждения, осуществляющих управление 19 заповедниками и 13 национальными парками. Проектом предусмотрена реализация двух приоритетов – «Развитие экотуризма» и «Сохранение редких видов», в ходе выполнения плана работ по приоритетам за счет внебюджетных средств (частных инвесторов) при тщательном соблюдении природоохранного законодательства должна вырасти посещаемость особо охраняемых природных территорий, а также должны быть созданы условия для сохранения и увеличения популяций редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных.*

**Ключевые слова:** *особо охраняемые природные территории, заповедник, национальный парк, экотуризм, редкие виды животных, охрана.*

### NEW DEVELOPMENT DIRECTIONS OF NATURAL SPECIALLY PROTECTED AREAS

**Ph.D. I.S. Prokhorov, K.V. Korneevets**

*Information and Analytical Center for Protected Areas Support of  
Ministry for Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, e-mail: nauka-iac@mail.ru*

*In 2017, which was held in the Russian Federation under the aegis of the Year of Ecology, its 100<sup>th</sup> anniversary marked the first Barguzin state natural biosphere reserve. Within the framework of the Concept for the Development of the System of Naturally Specially Protected Areas of Federal Significance for the Period to 2020, approved by the Decree of the Government of the Russian Federation No. 2322-r of December 22, 2011, the Scientific and Methodological Center (FSBI «Information and Analytical Center for Protected Areas Support of Ministry for Natural Resources and Ecology of the Russian Federation») at once two projects in the field of environmental education «Letters to animals» and in the field of development of ecological tourism and biodiversity conservation «Wild Nature of Russia: to Preserve and to Watch». In the first project more than 100 reserves and national parks are involved. In the course of this project pupils of schools and kindergartens are invited to enter into correspondence with any wild animal of interest to them. Second project involves 27 federal state budget institutions that administer 19 reserves and 13 national parks. The project provides for the implementation of two priorities – «Development of ecotourism» and «Conservation of rare species», while implementing the work plan on priorities through extrabudgetary funds (private investors), with careful compliance with environmental legislation, attendance of natural specially protected areas should increase, conditions for the conservation and growth of populations of rare and endangered species of animals.*

**Keywords:** *natural specially protected areas, reserves, national parks, ecotourism, rare species of animals, protection.*

В октябре 2017 г. ФГБУ «Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела» Минприроды России запущен межрегиональный социально-образовательный проект «Письма жи-

вотным». В ходе этого проекта воспитанникам школ и детских садов предлагается вступить в переписку с любым интересующим их диким животным. Сотрудники эколого-просветительских центров особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и педагоги организуют специальные почтовые уголки для сбора корреспонденции, а затем методисты и волонтеры отвечают на каждое полученное письмо от имени животного, которому оно адресовано, включая в ответ интересную информацию об образе жизни данного вида, его поведении, местах обитания. Научные понятия и примеры объясняются детям в доступной для них форме.

**Цель проекта «Письма животным»** – формирование бережного отношения к окружающему миру и представления о важности роли особо охраняемых природных территорий России – заповедников и национальных парков в сохранении популяции диких животных. Реализация проекта в дошкольных образовательных учреждениях и в школах стимулирует интерес к живой природе, к представителям фауны своих регионов.

Проект «Письма животным» интересен детям в качестве игрового формата, но в то же время он позволяет вовлечь в решение проблем сохранения биоразнообразия и привлечь внимание к ООПТ родителей и других членов семей, т.е. разные категории населения. Вместе с детьми родители, а также старшие братья и сестры ищут необходимую информацию для того, чтобы правильно определить «адрес» (местообитание) того или иного вида, выяснить его «профессию» (экологическую нишу).

По итогам первого этапа проекта, затронувшего 17 особо охраняемых природных территорий России, выпущена книга «Здравствуй, соболь, как живешь?» с лучшими письмами, написанными животным. В рамках второго этапа, который продлится в течение лета 2018 г., к проекту подключатся еще 38 ООПТ. Лучшие письма, полученные за это время, будут изданы во 2-й части книги «Здравствуй, соболь, как живешь?». Осенью 2018 г. состоится подведение итогов проекта «Письма животным» и награждение участников проекта.

В соответствии с решением президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам (протокол от 11 апреля 2017 г. № 4) начата реализация приоритетного проекта «Дикая природа России: сохранить и увидеть» (далее – проект). Функциональным заказчиком проекта выступает Министр природных ресурсов и экологии Российской Федерации С.Е. Донской, а руководителем проекта – заместитель Министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации М.К. Керимов.

**Цель проекта «Дикая природа России: сохранить и увидеть»** – определение и апробация механизмов сохранения, восстановления и устойчивого использования биологического и ландшафтного раз-

нообразия, включая развитие экотуризма на базе 22 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального значения, с увеличением количества посетителей до 4 000 000 млн. чел. к 2020 г.

Летом 2017 г. создано федеральное государственное бюджетное учреждение «Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела», подведомственное Министерству природных ресурсов и экологии Российской Федерации, на которое в соответствии с приказом от 07 марта 2018 г. № 84 возложено методическое и консультационное сопровождение деятельности 27 федеральных государственных бюджетных учреждений, осуществляющих управление особо охраняемыми природными территориями федерального значения. Среди данных учреждений: ФГБУ «Алтайский государственный заповедник»; ФГБУ «Тебердинский государственный заповедник»; ФГБУ «Кавказский государственный заповедник»; ФГБУ «Государственный заповедник «Даурский»; ФГБУ «Северо-Осетинский государственный заповедник»; ФГБУ «Государственный заповедник «Дагестанский»; ФГБУ «Государственный заповедник «Сохондинский»; ФГБУ «Государственный заповедник «Убсунурская котловина»; ФГБУ «Государственный заповедник «Черные земли»; ФГБУ «Государственный заповедник «Брянский лес»; ФГБУ «Государственный заповедник «Калужские засеки»; ФГБУ «Приокско-Террасный государственный заповедник»; ФГБУ «Окский государственный заповедник»; ФГБУ «Заповедники Оренбуржья»; ФГБУ «Земля леопарда»; ФГБУ «Объединенная дирекция Лазовского заповедника и национального парка «Зов тигра»; ФГБУ «Заповедное Прибайкалье»; ФГБУ «Заповедное Подлесье»; ФГБУ «Сочинский национальный парк»; ФГБУ «Национальный парк «Сайлюгемский»; ФГБУ «Национальный парк «Орловское полесье»; ФГБУ «Национальный парк «Смоленское Поозерье».

Проект включает в себя 2 приоритета: «Развитие экотуризма» и «Сохранение редких видов». Реализация первого приоритета в 2018 г. по результатам обследования запланирована на 7 пилотных территориях: государственные природные заповедники «Тебердинский», «Заповедное Прибайкалье», национальные парки «Сочинский», «Русская Арктика», «Лосиный остров», «Куршская коса», «Кисловодский».

Сформирована экспертная группа с привлечением высококвалифицированных зарубежных экспертов международного уровня. С их участием разработаны Методические указания по формированию программ развития особо охраняемых природных территорий федерального значения в сфере экологического туризма, требования к инвесторам при реализации проектов развития экологического туризма на особо охраняемых природных территориях, форма соглашения о сотрудничестве с инвестором. Осуществлено предварительное закрепление зарубежных экспертов за каждой из «пилотных» территорией.

В состав приоритета «Сохранение редких видов», реализуемого на 21 ООПТ, включены следующие виды животных: переднеазиатский леопард (*Panthera pardus ciscaucasica*), дальневосточный леопард (*Panthera pardus orientalis*), лошадь Пржевальского (*Equus przewalskii caballus*), зубр, включая зубра европейского (*Bison bonasus*) и зубра бизона (*Bison bonasus caucasicus*), сайгак (*Saiga tatarica*), дзерен или зобастая антилопа (*Procapra gutturosa*) и аргали или алтайский горный баран, или архар (*Ovis ammon*).

Реинтродукция – переселение и заселение вновь диких животных модельного вида на территорию, где они ранее обитали, но откуда по каким-либо причинам исчезли, для создания новой и устойчивой популяции. Реаклиматизация – восстановление численности особей и исходного ареала данного вида организмов после временного (на более или менее длительный срок) их сокращения в результате хозяйственной деятельности человека. Создание кормовой базы – комплекс мероприятий, осуществляемых после реинтродукции животного, с целью обеспечения его питательными элементами. Для парнокопытных млекопитающих – обустройство подкормочных площадок, заготовка солонцов, солодей, оставление озимых полей, для хищных кошек – зимняя подкормка копытных, являющихся основной кормовой базой. Охрана – комплекс мероприятий, направленных на сохранение имеющих редких видов, включающий в себя: разделение стада (в частности, зубров), ограничение свободы передвижения животных (в частности, лошади Пржевальского), создание трансграничных коридоров (в частности, для активно мигрирующих аргали и дзеренов), а также маркировка особей и противобраконьерские операции. При этом охраны требует и сама среда обитания животных, поэтому

немаловажным мероприятием является борьба с лесными пожарами, которая также влияет напрямую и косвенно на численность видов.

В 2017 г. проведен комплекс биотехнических мероприятий и мероприятий по охране среды обитания животных, направленных на увеличение численности популяции редких видов животных. В результате этой работы в рамках проекта на 31 декабря 2017 г. достигнуты следующие показатели.

Переднеазиатский леопард (5 особей) отмечен в Государственном заповеднике «Дагестанский» и Кавказском государственном заповеднике.

Дальневосточный леопард (70 особей) распространен в национальном парке «Земля леопарда».

Лошадь Пржевальского (36 особей) реинтродуцирована в Государственный заповедник «Оренбургский» (Предуральская степь).

Зубр, включая зубра европейского и зубра бизона (1760 особей), распространен в государственных заповедниках «Брянский лес», «Калужские засеки», Приокско-Тerrasном, Окском, Кавказском, Северо-Осетинском и Тебердинском, а также в национальных парках «Орловское поле-сье», «Смоленское Поозерье» и «Угра».

Сайгак (6000 особей) отмечен на территории государственного заповедника «Черные земли».

Дзерен (10500 особей) распространен в государственных заповедниках «Даурский» и «Сохондинский».

Аргали (720 особей) отмечены на территории национального парка «Сайлюгемский», Алтайского государственного заповедника и государственного заповедника «Убсунурская котловина».

**Для выполнения приоритетного проекта по приоритету «Сохранение редких видов» на 2018 г. запланирован широкий перечень мероприятий на особо охраняемых природных территориях.**

## ОБЩЕСТВЕННЫЕ СЛУШАНИЯ

**24 мая 2018 г. в 15:00** в здании администрации городского округа Серебряные Пруды: 142970, Московская обл., р.п. Серебряные Пруды, ул. Первомайская, д. 11 состоится общественные обсуждения (в форме слушаний), с гражданами и общественными организациями материалов проектно-технической документации (ПТД), включая ТЗ и проект материала ОВОС, объекта Государственной экологической экспертизы агрохимиката **Аммиак безводный сжиженный, марки: Ак, Б**, регистрант **ОАО «Щекиноазот» (Россия)**. Агрохимикат, как объект ГЭЭ, рекомендуется к применению на территории России. Материалы ПТД агрохимиката представляет «ООО НПО Агрохимсоюз»: г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, корп. 2. Копии материалов ПТД на агрохимикат доступны для рассмотрения с **23 апреля 2018 г. по 24 мая 2018 г. с 10.00 до 15.00 в ООО «Сельхозхимия»**, 142970, Московская обл., р.п. Серебряные Пруды, ул. Мичурина, д. 1. Тел.: 8 496 673 14 45. Письменные предложения направлять в ООО «Сельхозхимия». Приглашаются все желающие. При себе иметь паспорт. Проведение общественных обсуждений обеспечивает вышеуказанная организация совместно с Администрацией городского округа Серебряные Пруды Московской области.