



International Journal of Environmental Problems

Has been issued since 2015. ISSN 2410-9339, E-ISSN 2413-7561
2015. Vol.(2). Is. 2. Issued 4 times a year

EDITORIAL BOARD

Volkov Aleksandr – Sochi State University, Sochi, Russian Federation (Editor in Chief)

Bashkin Vladimir – Scientific-Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – GAZPROM VNIIGAZ, Moscow, Russian Federation

Bityukov Nikolai – Sochi State University, Russian Federation, Sochi, Russian Federation

Davitashvili Magda – Telavi State University, Telavi, Georgia (Deputy Editor-in-Chief)

Ivashkina Irina – Research and Design Institute of the General Plan of Moscow, Moscow, Russian Federation

Kalinichenko Valery – Institute of Soil Fertility of South Russia, Persianovsky, Russian Federation

Kochurov Boris – Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Okolelova Alla – Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

Journal is indexed by: **Cross Ref, OAJI, MIAR**

All manuscripts are peer reviewed by experts in the respective field. Authors of the manuscripts bear responsibility for their content, credibility and reliability.

Editorial board doesn't expect the manuscripts' authors to always agree with its opinion.

Postal Address: 26/2 Konstitutcii, Office 6
354000 Sochi, Russian Federation

Website: <http://ejournal33.com/>
E-mail: sochio03@rambler.ru

Founder and Editor: Academic Publishing
House *Researcher*

Passed for printing 2.12.15.
Format 21 × 29,7/4.

Headset Georgia.
Ych. Izd. l. 4,5. Ysl. pech. l. 4,2.

Order № EP-02.

International Journal of Environmental Problems

2015

Is. 2



International Journal of Environmental Problems

Издается с 2015 г. ISSN 2410-9339, E-ISSN 2413-7561
2015. № 2 (2). Выходит 4 раза в год.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Волков Александр – Сочинский государственный университет, Сочи, Российская Федерация (Главный редактор)

Башкин Владимир – Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ, Москва, Российская Федерация

Битюков Николай – Сочинский государственный университет, Сочи, Российская Федерация

Давиташвили Магда – Телавский государственный университет, Телави, Грузия (заместитель главного редактора)

Ивашкина Ирина – Научно-исследовательский и проектный институт Генерального плана г. Москвы, Москва, Российская Федерация

Калиниченко Валерий – Институт плодородия почв юга России, Персиановский, Российская Федерация

Кочуров Борис – Институт географии РАН, Москва, Российская Федерация

Околенова Алла – Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация

Журнал индексируется в: Cross Ref, OAJI, MIAR

Статьи, поступившие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Адрес редакции: 354000, Россия, г. Сочи,
ул. Конституции, д. 26/2, оф. 6
Сайт журнала: <http://ejournal33.com/>
E-mail: sochio03@rambler.ru

Подписано в печать 2.12.15.
Формат 21 × 29,7/4.

Учредитель и издатель: ООО «Научный
издательский дом "Исследователь"» -
Academic Publishing House *Researcher*

Гарнитура Georgia.
Уч.-изд. л. 4,5. Усл. печ. л. 4,2.
Заказ № EP-02.

C O N T E N T S

Articles and Statements

The Discoverer of the Law "of Diminishing Returns", the Doctrine of Self-regulation and Self-development of Healthy Soil Michael S. Sokolov, Valery I. Glazko	78
Dmitry Nicolaevitch Pryanishnikov, Russian scientist – traditions, problems... Valery I. Glazko	97
Influence of Hydrogels on Productivity of Light-brown Soils Alla A. Okolelova, Nadezda A. Rachimova, Galina S. Egorova, Nadezda G. Kasterina, Veronika N. Zaikina	117
Carbonate Calcium Equilibrium in Soil Solution as a Driver of Heavy Metals Mobility Anatoly P. Endovitsky, Valery P. Kalinichenko, Tatiana M. Minkina	136
Temporal Dynamics of Land Surface Temperature in Dry Season 2014 – 2015 in Lam Ha district, Lam Dong province in Central Highlands, Vietnam From LANDSAT 8 TIRS Time Series Images Le Hung Trinh	154
Utilization of Biological Waste by Biogeosystem Technics Method Viktor F. Starcev, Valery P. Kalinichenko	166

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
International Journal of Environmental Problems
Has been issued since 2015.

ISSN: 2410-9339

E-ISSN: 2413-7561

Vol. 2, Is. 2, pp. 78-96, 2015

DOI: 10.13187/ijep.2015.2.78

www.ejournal33.com



Articles and Statements

UDC 63.54; 631.47; 631.48

By the 170th ANNIVERSARY of
Pavel Andreevitch Kostychev

The Discoverer of the Law "of Diminishing Returns", the Doctrine of Self-regulation and Self-development of Healthy Soil

¹Michael S. Sokolov

²Valery I. Glazko

¹All-Russian research Institute of Phytopathology, Russian Federation
Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Science
143050, Moscow region, Odincovsky area, Bolshie Vjazemi, Institute str. 5
E-mail: sokolov34@mail.ru

²Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russian Federation
127550, Moscow, Timiryazev str. 49
Center of experimental embryology and reproductive biotechnologies, Russian Federation
Doctor of Agrarian Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Science (foreign participator), professor
E-mail: vigvalery@gmail.com

Abstract

The origins of the formation of national soil science in connection with history of science and the fate of P.A. Kostychev were discussed. The work of social mobility in Imperial Russia, in particular, the right to the opportunity to receive higher education was reflected. Kostychev was the first who introduce a new concept of science as the naturalistic discipline, as the science of the soil shell of the Earth. He was the first, who considered the soil and as a natural product, and as the source of life on Earth. He was the first, owning methods of Biochemistry and Microbiology, experimentally investigated the influence of bacteria, fungi and mesofauna on decomposition of plant residues and their transformation in soil humus. Kostychev was the first, who raised the question about the health of the soil, which could be used only at the beginning of XX1 century, and the first tied the sustainable management of soils to food security of the country. Erosion is the main problem faced by the world globally. Erosion causes loss of organic matter, which, in turn, leads to loss of soil fertility, and this directly affects the reproduction of vegetative cover and food safety. Small changes in the amount of carbon in the soil can have a huge impact on the amount of carbon dioxide in the atmosphere. The possibility of managing the soil properly can lead to limit the increase of carbon dioxide concentrations in the atmosphere and even reduce it. This question

is relevant for all countries. Kostychev was the leadership in the development of ideas that microbiota was the biological basis of soil fertility. The uniqueness and contemporary relevance of integrated approaches of Kostychev to assessments of soil fertility and ways of its improvement was reflected. The main investigation results, obtaining by P. A. Kostychev, continuity and relevance of his scientific activities, in spite of the forgetfulness of the scientific descendants, was discussed.

Keywords: soil fertility, evaluation of soil fertility, health soil, microbiome, mineral fertilizers, plantations

«Не надо забывать, что новых земель и старых залежей мало осталось и в степных местах; но тамошние хозяева еще хорошо помнят то время, когда их было много, и они по старой памяти продолжают и до сих пор свои земли обрабатывать так же, как они обрабатывали когда-то нови. Но старые пашни требуют совсем другой обработки, и по этой причине у степных хозяев на самых лучших землях, на черноземе, часто бывают полные неурожаи. ...У иного хозяина могут быть такие затруднения, каких, может быть, до сих пор ни у кого не было. ... Хорошим опытным хозяином и будет именно тот, кто не только умеет хозяйничать, когда все идет гладко, но умеет и при затруднительных обстоятельствах выбирать самое подходящее» [11].

П.А. Костычев, 1845–1895

Введение

Феномен русского космизма. Российская наука до 1917 года создавалась учеными, в основном, высоко духовными и религиозными, понимавшими четкие границы между добром и злом. Их повседневная работа – ненормированный, изнуряющий труд свободного человека и свободного ученого. Каждый день был их осознанным подвигом работы на страну. Русская культура, накопленные научные традиции трансформировались в яркий феномен, известный на Западе как «русский космизм». Его можно определить в современных терминах как системный подход, который в дальнейшем оформился как системная биология, включающая в качестве своего компонента теорию систем. Одним из признаков зарождения системной биологии в исследованиях начала XX века был «взгляд сверху», анализ и синтез не связываемого и не соединяемого (на поверхностный взгляд) исследуемого материала. Эта традиция, этот феномен отчетливо прослеживается в работах П.А. Костычева, В.В. Докучаева, В.И. Вернадского, Д.Н. Менделеева, Д.Н. Прянишникова, К.Э. Циолковского, Н.И. Вавилова, А.Л. Чижевского и многих других. Они объединяли в единое целое отдельные факты и разные области исследований [1].

Жизнь таких исследователей, как и многих ученых того времени, не выделялась контрастными внешними событиями. Однако главное в их работе заключалось в том, что они мыслили в глобальном масштабе и осознанно служили своей Родине, ее земле, и главной силе страны на тот период времени – крестьянству. Для них характерно, в связи со спецификой строения и управления государством, выбор и осознание того, что в старину называли высоким словом «свое предназначение». Отсюда их целеустремленность и непрерывный творческий труд.

Их жизнь была размеренна и однообразна, замкнута в рамках научных исследований и передачи знаний молодым, они избегали участия в бюрократических процедурах, мероприятиях и собраниях – демагогия и словоблудие не их черта. Они не относились к стране, как к «месту проживания» и зарабатывания денег. В обычное течение жизни разнообразие вносили экспедиции по стране, а иногда и за границу. Последние были нужны для ознакомления с состоянием сельского хозяйства и тенденций его развития в глобальном масштабе, новинками лабораторных и полевых исследований в своей области, и в то же время – поддержания научного имиджа страны, связей с иностранными коллегами. Однако в противоположность внешнему однообразию внутренняя жизнь этих ученых была богатой и разнообразной. Традиционно для них характерна любовь к искусству и художественному творчеству – литературе, музыке, театру, живописи и многое другое. Вопросы философии, экономики и политики органически вписывались в их разговоры. Они, в большинстве своем, были интересными собеседниками, лекторами, именно благодаря своей культурной

базе, меткости выражений, находчивости, остроумию и человеческой деликатности. К.А. Тимирязев писал о том времени, что главной его отличительной чертой был «тот увлекающий человека и возвышающий его энтузиазм, то убеждение, что делается дело, способное поглотить все умственные влечения и нравственные силы, — дело... которое входит в более широкое общее дело как залог подъема целого народа, подъема умственного и материального». Труды этих ученых не только снискали славу российской науке, но и дали мощный толчок развитию мировой науки.

К таким ученым с полным основанием относится и Павел Андреевич Костычев, работы которого способствовали формированию и становлению теоретических и практических основ рационального природопользования во всем мире [12]. Павел Андреевич принципиально считал, что наука не имеет права игнорировать роль пахаря. Народное сознание, опередившее науку, родилось не от созерцания, а от накопленного практического опыта, возделывания народом этой самой черноземной пашни. Он, пахарь, может истощить запасы гумуса, а может, что чрезвычайно важно — сберечь и даже накопить и приумножить его запасы.

Жизненный путь

Семья. Павел Андреевич Костычев родился в 1845 году, 12 февраля, в Москве, в доме тамбовского помещика П.П. Петрова у четы его крепостных Андрея Александровича и Евдокии Ивановны Костычевых. К весне этого года, к севу, семья вместе с помещичьим домом навсегда перебралась в деревню Карнаухово Шацкого уезда Тамбовской губернии (ныне — Рязанской области). Помещик был из тех землевладельцев, которые вводили новшества в своих хозяйствах по рекомендациям не английских, а русских агрономов. Агрономы в середине XIX века были нарасхват — в стране периодически повторялся голод. Специальных учреждений для агрономов было мало, отсюда и возникновение, и создание Петровской лесной и сельскохозяйственной академии в Москве. Помещик П.П. Петров решил выучить для себя ученого управителя имения. По-видимому, он увидел что-то в Павле Андреевиче Костычеве — выбор пал на него. Ибо, в отличие от остальных крестьянских детей, которые работали в полях, Костычев освоил грамоту (т.е. кто-то с ним занимался) и к десяти годам перечитал весь запас деревенских книг.

Учеба. Основой в светском образовании на то время были церковно-приходские училища, уездные училища, гимназии и университеты. Все они работали по своим правилам и методикам. В Шацкое училище и определили сына Андрея Александровича в августе 1857 года. Конечно же, книжный мир ошеломил мальчика: история Земли и история населяющих ее народов — все ново, и все интересно. За три года учебы Павел ни разу не опоздал на занятия, хотя до города и обратно ходить приходилось пешком по 12 верст в день. В этом глухом «тамбовском углу» накануне реформы 1961 года уже были энтузиасты народного просвещения. Благодаря одному из них — учителю математики Райкову, который прочитал воспитанникам курс алгебры сверх программы, — агроном Костычев славился впоследствии среди петербургских студентов четким, «математическим» изложением своего, в общем-то, далекого от математики, предмета, стройной логичностью лекций и строгой постановкой эксперимента. Свидетельство об окончании училища было столь блестящим, что Костычев получил «право на преимущества, предоставленные Высочайше утвержденными 28 ноября 1844 года дополнительными правилами к Уставу о Гражданской службе окончившим курс в уездных училищах». Несмотря ни на что, социальные лифты в царской России работали великолепно. Право это состояло в возможности продолжать образование. Как раз к 1861 году подспела реформа крепостного права, помещик решил дать юноше эту возможность, чем остался знаменит и увековечен в памяти потомства. Решено было отправить Павла Андреевича Костычева в Москву вместе с обозом яблок для московского дома помещика, как когда-то Ломоносова. К отличному свидетельству приложил Петров прошение в Московскую земледельческую школу на Зубовском бульваре о зачислении в нее своего подопечного.

«В дирекцию Московской Земледельческой школы майора Павла Петровича Петрова прошение

Желая поместить на воспитание в школу отпущенного вечно на волю Павла Костычева, покорнейше прошу дирекцию школы его принять и поместить в соответствующий по знаниям его класс.

К сему прошению майор Павел Петров сын Петров руку приложил».

Рвение к учебе Павла Андреевича Костычева было поразительным. Его первые работы попадали даже в годовые отчеты школы, которые составлялись для Вольного экономического общества, основанного в 1822 году. Воспитанников готовили не по закостеневшим программам: учебные курсы включали новейшие открытия агрономической науки, сделанные членами общества. Потом выпускники разносили их в самые дальние уголки России. Первый директор школы, профессор Московского университета Михаил Григорьевич Павлов — философ, физик и агроном, властитель душ столичной молодежи — сумел хорошо поставить в школе преподавание химии, ботаники, агрономии. Традиции Павлова держались и укреплялись при новом директоре, Николае Ивановиче Анненкове. Ботаник и лесовод в одном лице, он совершенствовал практические занятия. И, хотя средств у тогдашних научных обществ всегда бывало в обрез и едва хватало на оплату ненормированного великого труда учителей, все же к преподаванию привлекались самые лучшие силы. Например, Сергей Петрович Карельщиков. С ним школьники обследовали все окрестности Москвы: Останкино, Марфино, Владыкино, Петровско-Разумовское, Сокольники... Сергей Петрович был дарвинистом, и во время походов обращал внимание школьников на каждый факт, подтверждающий дарвиновское учение. Гербарии растений его подопечных были классическими по исполнению, они составлялись по родам и видам.

Крестьянский паренек, только-только получивший вольную, попал в надежные руки, в благодатную среду. На Бутырском хуторе — опытной станции Михаила Павлова — школьники проходили практику. Здесь было их опытное поле, с него они и кормились. Высокий уровень преподавания и хозрасчет позволили Земледельческой школе на Zubовском бульваре выстоять ровно сто лет, и вплоть до 1922 года гордо нести славу лучшего среднего сельскохозяйственного учебного заведения России. Закончил Костычев учение с отличием и был удостоен «звания Ученого управительского помощника с правами, сему званию дарованными». Однако правами он не воспользовался, в Шацкий уезд не поехал, не принял и других заманчивых предложений из южных губерний. Отказу его поначалу не верили: «Вы будете иметь выездную тройку, хороший дом, большое жалованье. Другие посчитали бы такие условия за счастье». Нет, не захотел он служить конкретному человеку, а только тем, из среды которых он вышел. Павел Андреевич Костычев — государственный, решил служить основе государства — крестьянину.

О дальнейшей учебе думать пока не приходилось. Новая сельскохозяйственная и лесная академия в подмосковном Петровско-Разумовском была доступна, в основном, только выходцам из обеспеченных семей, а Костычев к тому времени лишился субсидий помещика Петрова. Но мир не без добрых людей, в том сообществе, в котором был Костычев, их много. Выручил Директор Земледельческой школы Н.И. Анненков, он предложил Павлу Андреевичу Костычеву место репетитора с окладом 240 рублей в год. Это был гениальный выход. Два с лишним года репетиторства дали ему много. Павел Андреевич Костычев пробует себя в преподавании естественной истории, географии, статистики. Самостоятельно занялся иностранными языками. Знание латыни, немецкого и французского языков помогут ему войти в современный мир и знать новейшие мировые труды по агрономии. Но для этого была необходима и Румянцевская библиотека, и Н.Ф. Федоров — живая антология мировой культуры. Философ, узревший связь человека с космосом, учитель Циолковского и Чижевского. Необходимо было также осваиваться, жить в современной культуре — Павел Андреевич Костычев не пропускал ни одной премьеры в театре Островского, читал журнал «Современник» и другие источники, представлявшие собой культурные явления, опору для становления мировоззрения.

Петербургский земледельческий институт. И все же, как не жаль было оставлять уютную, обжитую Москву, близкую ему по духу, Костычев едет в холодный и чиновничий Петербург. Правительство перевело мятежный Горыгорецкий институт туда. Петербург встретил Костычева отказом в приеме — по правилам того времени нужен был аттестат об окончании гимназии. Доступ к знаниям все же был открыт: в те, вроде бы, недемократичные времена можно было ходить на лекции и лабораторные занятия вольнослушателем. Так он и поступил. Снял угол с койкой на Васильевском острове и приступил к занятиям. Можно представить себе напористость молодого Костычева, живущего то канцелярской перепиской, то репетиторством, то разгрузкой барж в порту. Нужно было время и на подготовку к экзаменам за полный гимназический курс. Тем более что попечитель Петербургского учебного округа разрешил ему их сдавать, но при этом определил смехотворный срок — три дня. Из-за трудности и сложности обучения гимназию оканчивали не все. Но Костычев легко перемахнул этот барьер, сдал экзамены в установленный срок и получил свидетельство с отличием об окончании седьмой Петербургской гимназии. Теперь все препоны преодолены, он добился права на свою жизнь — самостоятельную, трудовую и общественно полезную. А самое главное — он перешел в состав неподатных сословий — их нельзя было сдавать в рекруты, взимать с них подушную подать, были и многие другие преференции. Летом 1867 года Костычев был переведен из вольнослушателей в число студентов. В его лице Петербургский земледельческий институт принял в число студентов первого — на курсе, в институте, да и во всей России — выходца из крепостных крестьян. В свое время журнал «Хозяин» напишет: «При поступлении Костычева в институт какое-нибудь частное хозяйство потеряло толкового приказчика, но зато вся Россия приобрела выдающегося ученого-агронома». На многие лишения и тяготы шло тогда в России новое социальное сословие — разночинцы, ради свободы выбора, ради того, что в старину именовали словом «предназначение». Права на эту свободу добывались великим трудом, но, сделав выбор, они стояли на своем и шли уже до конца.

Из многих книг и теорий особенно потрясла Костычева, и стала ему близка теория актуализма Чарлза Ляйеля. Что поразило — отрицание в истории Земли теории геологических катастроф и скачков. Ее Ляйель объявил противоречащей здравому смыслу. Он доказывал, что лик Земли складывался естественно и постепенно на протяжении многих миллионов лет. Даже геологические катастрофы, вроде вулканизма и горообразования, носили на фоне этих миллионов лет спокойный, отнюдь не катастрофический характер, и не казались больше революцией, устроенной «по капризу Творца».

Еще студентом Костычев становится известным в агрономических кругах. Первые же публикации обнаружили в нем строгое отношение к фактам и объективность. Несмотря на молодость, он вступил в полемику с университетским светилом, первым доктором агрономии в России, А.В. Советовым, издавшим книгу «О разведении кормовых трав на полях». В «Земледельческой газете» появилась тогда статья Костычева «Трехпольное хозяйство, плодосмен и искусственные удобрения», в которой, опираясь на агрономические исследования Д.И. Менделеева и А.Н. Энгельгардта, автор показал горизонты применения новых приемов в земледелии.

Учителя. Удивлял Костычев-студент не только смелостью, но и оригинальностью мышления. Этому был рад его учитель — Александр Николаевич Энгельгардт, известный неординарностью своих суждений и мышления. Энгельгардт в Земледельческом институте был центром внимания и притяжения. На его публичные лекции в Петербургском сельскохозяйственном музее собиралось студенчество, которое боготворило Энгельгардта. Бывший офицер-артиллерист, преподаватель химии в Артиллерийской академии, основатель первого русского химического журнала, Александр Николаевич после назначения преподавателем химии в Земледельческий институт целиком посвятил себя агрономии и выяснению причин плодородия почвы. В эту неисследованную область он увлек и Костычева. Недостаточность существующих методов определения плодородия почвы заставила

Павла Андреевича обратиться к самому надежному — статистическому методу. В дальнейшем Костычев будет настаивать на важности статистических оценок плодородия почвы в экономике страны, указывать на их надежность при организации новых хозяйств. Он будет учить и доказывать хозяевам, что подъем культуры земледелия — наиболее выгодное вложение капитала. Он полагал, что духовность для страны, в конечном стратегическом расчете, экономичней погони за выгодой и голого прагматизма одного дня. Костычев печатает в журнале «Сельское хозяйство и лесоводство» статью «Современное состояние учения о статистике земледелия». Однако рассчитывать Костычеву на получение места преподавателя института не приходилось. И снова он жил случайными заработками. Его учитель — Энгельгардт выручал, предоставлял ему временную работу в лаборатории, давал возможность вести в ней и самостоятельные исследования. Но вскоре и эта эпизодическая возможность заниматься наукой исчезла. Энгельгардт был выслан из столицы в свое имение Батищево Смоленской губернии, что стало для Костычева тяжелейшей потерей. Совместная работа в пространстве науки сделала их близкими людьми, дружеские связи продолжались всю жизнь. Известны 32 письма Энгельгардта Костычеву. В них отражаются поиски и находки первых русских агрохимиков.

Семья. Однако были и радости в трудной и печальной жизни. 4 ноября 1870 года в Петербургском Андреевском соборе Павел Андреевич повенчался с Авдотьей Николаевной Фокиной. Брак оказался благополучным и счастливым. При всех трудностях и неустроенности в эти годы, Костычевы обзаводятся обширным кругом знакомых, бывают на выставках, в театрах, на концертах. Авдотья Николаевна была женщиной русского типа — мягкая, интеллигентная и добрая от природы. Вниманием и вовремя сказанным словом была способна развеять и осветить мрачные петербургские будни. На Васильевском острове, где была их квартира, они стойко переживали нужду и все, что из этого вытекало. Ближе всех к их семье был Николай Николаевич Ге. Профессор А.Л. Рудзкий писал про Костычева: «Беседовать с ним было истинным наслаждением — так тонко относился он к затрагиваемым вопросам и сдержанно делал даже самые существенные возражения. При этом его никогда, кажется, не покидала характерная, не то грустная, не то слегка скептическая, улыбка, поразительно верно переданная на портрете, сделанном другом его, покойным Ге». Дом был открытым, по пятницам бывали у них академик А.Н. Веселовский, врач С.П. Боткин, старший брат К.А. Тимирязева — Дмитрий Аркадьевич, физиолог, профессор И.П. Бородин и многие другие.

Дети — дочь Ольга и сын Сергей, подобно родителям и их окружению, считали проблемы России своими личными проблемами. Интересы Костычева к микробиологии передались сыну Сергею, который в 1914 году получит звание профессора Петербургского университета, а в 1923 году его изберут действительным членом Российской Академии наук. Необходимо напомнить, что именно Сергей Павлович Костычев в 1929 году выдвинул в члены АН СССР Николая Ивановича Вавилова.

Семья, хоть и небольшая, требовала твердого заработка, постоянного дохода. Выручали друзья, которые не оставили в трудное время, нашли Костычеву работу — место в лаборатории Министерства финансов. Служба спасала от голода, но отнимала много времени от своей любимой работы, ради которой требовалось идти сквозь все препятствия...

Печатные труды, научная карьера. В печати одна за другой появляются статьи Костычева. Статья «Новый метод оценки почв» быстро приобрела известность среди ученых. Работу «О жизни и возделывании красного клевера» оценили прагматики сельского хозяйства. Но главная его книга, сохранившая актуальность до сих пор — «Календарь русского сельского хозяина» [11].

Известность и компетентность Костычева на то время в России настолько высока, что в 1877 году руководство Земледельческого института, преобразованного в Лесной, снизошло предложить своему выпускнику место преподавателя общего земледелия. Это дало новые возможности. В первую очередь Павел Андреевич

добывается открытия при институте сельскохозяйственной опытной станции. Таким образом, в стране появляется первый опорный пункт почвоведения.

В то время исследователи северных подзолистых почв бились над проблемой питания растений (потом это станет коньком В.Р. Вильямса). Существовало много теорий. Основы водной теории расшатал своими исследованиями ещё первый русский агроном А.Т. Болотов. Ее сменила перегнойная теория, затем — теория минерального питания Юстуса Либиха. По теории Луи Грандо, минеральное вещество почвы растворяется в подвижном темноокрашенном органическом веществе.

Костычев был всегда обстоятелен в накоплении фактов. Он заметил, что выводы Грандо основаны на некорректно поставленных опытах. Фосфор, например, совсем не укладывается в его построения. Соединения фосфора часто совсем не растворяются в почве; бывает, что из перенасыщенной фосфором почвы растения его не усваивают. Как оказалось, поведение фосфора предопределено особенностями почвы. Фосфора в почве может быть в избытке, а растение будет страдать от его недостатка.

В 1879 году открылся очередной, VI съезд русских естествоиспытателей и врачей. Павел Андреевич вынес свою работу и выводы на обсуждение съезда. Его доклад стал сенсацией. Выводы о переходе фосфора в почвах из одного состояния в другое, определение благоприятных условий для его мобилизации в доступную растениям форму стали важнейшими достижениями почвоведения и агрохимии. Выяснялась возможность влиять на плодородие почвы, не нарушая законов поля, законов земли. Докладчика поздравил Д.И. Менделеев, радовавшийся каждому талантливому исследованию. Он предложил Костычеву представить его работу на соискание ученой степени магистра агрономии.

Костычев подходит к органо-минеральным почвенным комплексам французского агронома Грандо на качественно новом уровне. Он видит главного участника процесса разложения органики в почве — это микроорганизмы, совершенно новое действующее лицо на агрономической арене. В 1882 году его командировают во Францию, в институт Пастера, и в Германию — для изучения прививок против сибирской язвы. Эта поездка укрепила его предположение о ведущей роли бактерий и грибов в процессах разложения органических соединений.

По господствовавшей тогда теории Мульдера, перегной был лишен азота. Считалось, что растения поглощают его непосредственно из воздуха. Энгельгардт не видит другого исследователя, кроме Костычева, способного распутать этот азотный узел, подстегивает и торопит его в письмах. Эти вопросы мучили и Костычева. Не зависит ли поведение азота в почве тоже от микроорганизмов? И не они ли источник почвенного кислорода? Иначе откуда берутся кислые соли в почве, которыми питается растение?

В 1881 году, по совету Менделеева, Костычев защищает магистерскую диссертацию «О нерастворимых фосфорнокислых соединениях почв». Работу одобрил ученый совет Петербургского университета. Вскоре, с легкой руки Менделеева, Костычев начинает читать в университете приват-доцентский курс общего земледелия. В Лесном институте он становится доцентом, а вскоре и профессором кафедры почвоведения.

Всякая почва не только средство для процветания, но и предмет постоянных забот. Во время очередной летней экспедиции Павел Андреевич решил посмотреть на чудеса, творившиеся на батищевских полях Энгельгардта — своего учителя. С утра до сумерек они бороздили окрестности, собирали образцы «нетронутых» плугом и удобрениями почв, сравнивали их с удобренными полями. Аккуратно упакованные снопики и ящики с образцами Павел Андреевич отправил в Петербург.

В 1884 году Костычев впервые заявляет о важной роли микроорганизмов в «Общедоступном руководстве к земледелию» — первом учебнике для крестьян [11]. Все последние открытия науки и свои собственные он изложил в нем доходчивым языком. Что же побудило его написать учебник с таким необычным для того времени адресом, аналогов которому нет до сих пор?

Почему почвы вызывали такой интерес у Костычева? Потому что он прекрасно понимал, все мы зависим от почв! Костычев родился крестьянином и знал, что земледелие – это надолго и серьезно, это и основа жизни, и фундамент благосостояния и процветания любой страны. Сотрудничество с землей доказывается результатом. Тот, у кого нет результата – выпадает из крестьянского высшего сословия, в этом заключалась будущая идеология Чаянова. Такой крестьянин не должен пахать землю и на ней работать. Костычев видел каждого крестьянина (в основном, по его результатам на земле) энциклопедистом. Это совпадало с задачей Менделеева сделать крестьянский труд разновидностью умственного труда!

Учебник Костычева выдержал до 1922 года девять изданий. В нем он настойчиво подчеркивает думную и творческую суть земледелия. Даже хорошо знающий науку крестьянин хозяйничает под открытым небом, «когда какой-нибудь дождь может испортить все планы хозяина», заставит сменить стратегию и тактику полевых работ. Наука лишь дает ему знание и возможность выбора наиболее безвредных для почвы и наименее убыточных для хозяина способов земледелия. Но выбор стратегии – прерогатива крестьянина. Непонимание этого в будущем приведет к бездумной коллективизации, потере страной и продовольственной безопасности, и исконно присущего ей думного трудящегося слоя – крестьян...

В учебнике приведены ценные сведения. Главная забота крестьянина – беречь верхний слой почвы, в котором живут и размножаются микроорганизмы, а на старопахотных землях – уметь воссоздавать почвенную структуру, которую непросто было бы разрушить. Идеально и желательно, чтобы поле выглядело как впервые вспаханная новь, ведь на целине плодородие почвы копится тысячелетиями под воздействием суммы природных явлений. Пахарь должен научиться не противоречить природным законам. Костычев советует земледельцу не запахивать верхний слой глубоко, а если все-таки есть такая необходимость, как, например, на солонцах, то верхний слой не оборачивать, а крошить. (Т.С. Мальцеву понадобилось полжизни, чтобы довести до сознания практиков безотвальную пахоту, предложенную задолго до него Костычевым). Большинство ученых даже не знают, что именно почвы исключительно важны для выработки мирового продовольствия, сохранения воды и для удовлетворения многих других потребностей человечества. Костычева почвы заинтересовали, потому что это живой организм, мнению. С точки зрения биоразнообразия Земли почвы мы можем считать последним рубежом. Это сложное трехмерное пространство с огромным разнообразием организмов.

Биологическая сущность процесса почвообразования. В 1886 году страна получила капитальную монографию, плод четырехлетнего кропотливого труда Костычева: «Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства» [7]. В ней содержится уникальный материал и ключ ко многим проблемам, в том числе – и к проблеме чернозема. Чернозем, по Костычеву, – это «вопрос географии и физиологии высших растений. Но этот вопрос и физиологии низших растений, производящих разложение органического вещества». Павел Андреевич доказал, что в перегноем есть азот, более того – его там в три-четыре раза больше, чем в растении. Это кладовая азота, которая вдобавок ежегодно пополняется за счет остатков прошлогодних растений. Их разлагают бактерии, преобразуя входящие в них соединения. Часть из них входит в состав гумуса, часть вновь поглощается растениями. Аммиак, азотную и фосфорную кислоты потребляют и сами бактерии. Чем больше на поле растений, тем больше растительных остатков, тем богаче хозяин. Все это – пища для бактерий, а значит, интенсивней идет процесс накопления плодородия. Включается обратная связь – чем больше бактерий в почве, тем больше растительных остатков и выше урожай.

Только после Костычева ученые рассмотрели почву как продукт работы микробиома (т.е. совокупность флоры и фауны) и на молекулярном уровне [5]. А в 80-е годы XIX века почвенными микроорганизмами занимался только Костычев. Он первый, владея методами биохимии и микробиологии, экспериментально исследовал влияние бактерий, грибов и мезофауны на разложение растительных остатков и преобразование их в почвенный гумус. Он первым вскрывал «механизм»

процессов гумусообразования в черноземах. Первым утверждал биологическую природу почвообразовательного процесса. Своим открытием Павел Андреевич обосновал и положение Докучаева о почве как о самостоятельном естественно-историческом теле природы, доказав и свою правоту в споре с ним [6]. По Костычеву, чернозём есть производная от распространения и физиологии высших растений, роль остальных четырёх факторов почвообразования, предложенных Докучаевым (особенно климата) он полагал уровнем ниже.

Костычев пошел дальше и определил критерий оценки плодородия почвы — той частью из всего запаса органических веществ, которая на определенной площади (допустим, гектаре) успевает разлагаться до минеральных соединений за единицу времени — в течение года. Причем при конкретных климатических, географических, геоботанических и хозяйственных условиях [15]. Для чего понадобился этот критерий? В первую очередь для того, чтобы не выжимали из почвы больше, чем она может дать. В этом критерии заключена граница, за которую не должен распространяться процесс «окультуривания» почв, каким бы страстным сторонником этого процесса ни был сам Костычев. В образно названном «законе неубывающего плодородия Костычева» заключено главное — предел процессу эксплуатации почв. Если человек признает своеобразие почвы как уникального природного тела, познал законы ее развития, если он ведет с ней взаимовыгодный диалог, то любая почва плодоносит и даже копит плодородие. Однако закон Костычева действует лишь при разумном хозяйствовании, при рациональном использовании земли...

Химический состав почвы и качество произрастающих на ней растений находятся во взаимозависимости. Пахарь может обработкой разрушить благоприятную среду для существования почвенной биоты, может поддерживать ее неизменной, может даже обратить подпочву в почву, выращивая растения с длинными корнями (перегнивая, они углубляют почвенный горизонт), то есть, создать благоприятную среду для бактерий там, где ее никогда не было.

Системный подход и закон «неубывающего плодородия». Закон неубывающего плодородия основан на открытии Костычевым процессов саморегуляции и саморазвития здоровой природной почвы [16, 18]. Посредством этих процессов природа создавала все свои объекты с обратной связью и с запасом прочности для воспроизводства. Управляя плодородием окультуренных почв, землепользователь обязан руководствоваться этими процессами и поддерживать их. Этим законом Костычев одарил человечество. Успокоил тогдашнее русское общество (находившееся под влиянием концепций Мальтуса и Дарвина), напуганное будущим истощением земель и всеобщим голодом.

В канун нового 1890 года собрался VIII съезд естествоиспытателей и врачей России. Используя системный подход — Костычев в программном докладе «Связь между почвами и некоторыми растительными формациями» показал связь леса со степью и продемонстрировал, что не только климатом определяются границы распространения лесов в степи. Его рекомендациями воспользовались позднее, в 40-х годах XX века, когда в стране начались посадки леса в полупустынных и степных районах. В связи с проблемой лесопосадок в степи снова шла полемика вокруг их воздействия на чернозем...

В 1891 году страшное бедствие обрушилось на Россию. Засуха, какой не помнили старики, опустошила поля в двадцати губерниях черноземной области. Страшные испытания выпали на долю крестьян. Первым в помощи крестьянам был историк В.О. Ключевский. В страстном призыве к единению он напомнил страницы истории, когда во времена Сергия Радонежского единство спасло народ, а в смуту 1612 года — страну от физического уничтожения. В снежную зиму из деревни в деревню ездят Л.Н. Толстой, А.П. Чехов, В.Г. Короленко, В.И. Вернадский и многие другие. Они открывают на свои средства и на частные пожертвования столовые для крестьян.

Костычев воспринял засуху как личную трагедию. Он жизнь свою положил на поиски средств от засух и нашел их, но на введение новых приемов в земледелии у властей не оказывалось средств... Где только можно было, он доказывал, что человек может защитить себя от погодных неожиданностей. Но власть была глуха. Ее убеждение, разделяемое многими, заключалось в том, что климат не во власти человека, значит,

и голод неотвратим. Это на черноземе-то? Павел Андреевич начинает читать курс публичных лекций в Петербургском сельскохозяйственном музее, в которых дает стройную и всем доступную систему мер борьбы с засухой. Глубоко научные и предельно ясные лекции имели огромный успех, слушатели просили поскорей их напечатать. Под названием «О борьбе с засухой в черноземной области посредством обработки полей и накопления на них снега» они вошли в классику агрономии, оставаясь через много лет по-прежнему актуальными и востребованными [9].

Все упиралось в возделывание почвы, ее обработку, в культуру землепользователя. Потому-то и некому сейчас стало проводить снегозадержание, сажать лесополосы. Потому-то и появились на свет химеры — зловещие каналы и еще более зловещие проекты поворота стока северных рек в засушливые районы. Не читали авторы «проектов века» труды русских почвоведов. Впрочем, еще в 1890-е годы вставал вопрос об обводнении юга России. Свою точку зрения Костычев высказывал уже тогда в Русском техническом обществе в прениях по докладу М.Н. Герсевича. Он высказывал мысль о важности изменения самой системы земледелия на неорошаемых землях. Не безводие, считает он, причина самарского голода. Весь степной край ведет хозяйство «на риск» до такой степени, что достаточно мало-мальски неблагоприятной весны, чтобы получился полный неурожай. Риск — синоним понятию «авось». Это — стихия в действиях человека. (В Средней Азии стихия в орошении привела уже сегодня к засолению и вырождению почв этого извечно земледельческого района).

У Костычева есть прекрасная фраза для узких специалистов — «смотрящие в одно окно». В панацею он не верил. Он видел комплекс, систему практических выходов из ситуации неуправляемости климатом. Он полагал, что поскольку только одни лесозащитные полосы, только один навоз, только химические удобрения, только орошение — не поправят дела, необходимо объединение способов.

Одни только ученые, даже если они все будут с самым широким подходом, тоже не обеспечат прорыва к двум колосьям вместо одного, как любил цитировать Костычева К.А. Тимирязев. Нужны правительственные ассигнования, учебные заведения, лаборатории и опытные станции. Добавим — позарез нужны дороги.

Деятельность. Работоспособность Костычева поразительна. Об этом свидетельствуют составленные им почвенные карты. Многочисленные полевые и лабораторные опыты Костычева вызывают не меньшее изумление. Он даже на Урале и в Сибири успел побывать за короткую жизнь. Ходил по полям пешком, внимательно вглядывался в крестьянское поле, сравнивал жизнь растений «в культуре» с жизнью растений на целине, искал законы восстановления плодородия по заведенному природой порядку. Его обстоятельная монография «Почвы черноземной области России» [7] вписала классические страницы в историю почвоведения и агрономии. Новые идеи и методы, обоснованные в этой и других классических работах Костычева, перешагнули отечественные границы и вошли в учебники для студентов зарубежных университетов. Русские слова «чернозем», «подзол» становились понятными агрономам и почвоводам всего мира.

Однако бывали времена, когда у нас традиционно предпочитали рекомендации, писанные по-английски. Явление было обычным. То, что хорошо для Англии, не годится для России в целом; то, что хорошо для России в целом, пригодится и в Англии. Даже западник Чаадаев, по молодости запальчиво отказавший России в способности к самостоятельному развитию, в конце жизни согласился с противниками и признал: если Россия решит свои проблемы, эти решения будут универсальны для всего мира.

Преподаватель. Костычев был блестящим лектором. Неизменно сдержан, доказателен, точен. Для него не было авторитета выше истины. Аналитика Костычева, ироничного, все подвергающего сомнению, завораживала слушателей. В сочетании с остроумной постановкой вопросов и широким подходом к их решению, скучный мир химических формул, технологических приемов и статистических отчетов становился доступнее. Он буквально пестовал учеников от первого курса до первой диссертации.

Новизна. Костычев ввел новое понятие о почвоведении как естественноисторической дисциплине, как науке о почвенной оболочке Земли [10, 11]. Он рассматривал почву и как природный продукт, и как источник жизни на Земле — результат вековых жизненных процессов и одновременно как условие для их развития. Почвы многофункциональны. Почвы — среда для произрастания растений, для производства продовольствия, энергии и многого другого. Важна их роль в круговороте воды и значение их для регулирования количества и качества водных ресурсов. Благодаря работам Костычева многие из имеющихся антибиотиков были созданы на базе бактерий и грибов, которые были выделены из почв. Он первым, владея методами биохимии и микробиологии, экспериментально исследовал влияние бактерий, грибов и мезофауны на разложение растительных остатков и преобразование их в почвенный гумус. Он первый вскрывал «механизм» процессов гумусообразования в черноземах. Первым обосновал биологическую природу почвообразовательного процесса. Рациональное управление почвами способствует сохранению их многочисленных функций, в особенности, функции по производству продовольствия

Его логика и данные были безупречны: почва — главное действующее лицо в биосфере [17]. Костычев считал, что поскольку человек не питается больше корнями, а распахивает и засеивает огромные пространства, он должен уметь не только поддерживать, но даже и создавать плодородие земель!

Проблема изменения климата. Почвы, сформировавшиеся на поверхности Земли много тысячелетий тому назад, в настоящее время стали глубоко похороненными геологическими изменениями и особенностями исчезнувших ландшафтов. Как известно, почвы чрезвычайно богаты углеродом. Полагают, что в почве углерода много раз больше, в сопоставлении с атмосферой. Он может высвобождаться через эрозию, сельскохозяйственную обработку, вырубку лесов, добычу полезных ископаемых, способствуя тем самым глобальным изменениям климата. Благодаря этому пониманию, мы можем иначе взглянуть на углеродный цикл нашей планеты. Эрозия — основная проблема, с которой мы сталкиваемся в глобальном масштабе, и которая имеет серьезные последствия для существующего миропорядка. Когда почвы подвергаются эрозии, происходит процесс разрушения и сноса верхних, обладающих самым большим плодородием и углеродом слоев почвы. Эрозия связана с потерей органического вещества, которое, в свою очередь, ведет к потере плодородия почв. Как результат, все это напрямую влияет на способность растений к произрастанию и на продовольственную безопасность мира. И как на конечный итог, к массовой миграции и беженцев в Европу. Так небольшие изменения количества углерода в почве могут оказать огромное влияние на мир и на количество углекислого газа в атмосфере. Управляя почвами надлежащим образом, можно ограничить повышение концентрации углекислого газа в атмосфере и даже уменьшить её. Этот вопрос весьма актуален для всех стран, особенно в наше время, когда продолжают применять опасную для Человечества индустриальную технологическую платформу развития. Сегодня ясно, что по большому счету, она уже не имеет перспективы [18–21].

Павел Андреевич считал роль земледельца тоже почвообразующим фактором. Причина плодородия — в климатических, геоботанических условиях, действующих и поныне. Но, настаивал он, еще и в хозяйственных факторах, тоже действующих постоянно. Так, он неоднократно подчеркивал первостепенную важность роли травянистой растительности в происхождении чернозема, в особенности ее подземной корневой массы. Много сводил Костычев к вопросу о культуре земледелия. Почвоведение он считал стержнем агрономической науки. Оно не стало им до наших дней, хотя помимо генетического, микробиологического, агрохимического почвоведения появилось еще и энергетическое, и молекулярное. До сих пор обычно нет почвоведов среди агрономов, нет почвенных лабораторий у фермеров и в агрохолдингах.... Это важнейший критерий риска в обеспечении продовольственной безопасности, который многие годы ранее не учитывался, и не учитывается сейчас, в числе ключевых рисков для страны.

Настоящее. Сегодня, в период обострения проблемы продовольственной безопасности страны и глобализации сельского хозяйства, почва стремительно, на глазах одного поколения, теряет способность воспроизводить жизнь — особенно при

нулевой обработке и других не соответствующих воззрениям Костычева техногенных воздействиях. Необходим постоянный контроль состояния почв, их плодородия, степени рациональным использованием. Сохранение и улучшение здоровья почв – один из основополагающих принципов органического сельского хозяйства. В интенсивном земледелии внесение химических удобрений уже не дает необходимого эффекта и уничтожает микробиоту почвы. Обеспечение безопасности почв – одна из важнейших глобальных задач нашего времени – наряду с обеспечением продовольственной безопасности, чистоты воды, энергетической безопасности. Это все в одном ряду с проблемами сохранения биоразнообразия и изменения климата. По многим данным Россия ежегодно теряет 81,4 млн т. гумуса, за последние 20 лет запасы гумуса сократились на 25–30%. Состояние почвенного покрова в России критическое. На всей территории России в 190 млн га, около 70 млн га подвержены эрозии и дефляции, 73 млн га имеют повышенную кислотность, более 40 млн га в разной степени засолены, 26 млн га заболочены и переувлажнены, 5 млн га загрязнены радионуклидами, более 1 млн га подвержены опустыниванию [2]. Примерно такое же ужасающее состояние почв и в остальном мире. Около трети почв в мире деградированы, и вызвано это эрозией, загрязнением, уплотнением, потерей органического вещества, опустыниванием. Ситуация особенно драматична ввиду безальтернативности биосферы [3, 19], в которой почвы являются ограниченным ресурсом. Только 22% поверхности суши пригодно для использования в сельском хозяйстве, потому как остальная часть имеет высокую крутизну склонов, или находится либо в очень холодном климатическом поясе, либо в пустынях, либо почвенный покров слишком тонок, либо находится под водой. Человечество уже отторгло у биосферы 42% пригодных для земледелия земель под селитру, инфраструктуру и т.п. [2]. Потому – природоподобные технологии [21], Green Economy [22], мировой запрос на новую парадигму агрономии [23], предостережение об опасности избранного пути развития [24], поиск стратегических ресурсов и условий устойчивого развития [25], новых технологий [26, 27], стремление обратить внимание политического дискурса на наличие стратегических путей эффективного преодоления противоречия между Биосферой и Технологией [28].

Почвы агроценозов России дегумифицированы, болеют и постепенно деградируют [18, 19]. Такое печальное развитие событий предвидел Костычев. В конце XIX века он открыл законы, по которым живет почва, показал, что и биологическая, и личная, и даже общественная жизнь человека зависит от его способности к диалогу с почвой. Если человек признает своеобразие почвы, на которой живет, ведет с ней взаимопользительный диалог, то любая почва производит урожай, и даже повышает плодородие. Каждый вид почвы диктует правила ее возделывания. Костычев рекомендовал людям охранять «самобытность» почвы, ее способность «дышать свободно», «быть самой собой». Рекомендации эти граничат с проповедью высокоморального государственного человека, это своего рода нравственные скрепы кодекса думающего земледельца.

Трудами Костычева и его учеников и последователей в 80-е годы XIX века в России создано научное почвоведение, универсальное для всех почв, а, следовательно – для всех стран мира [3, 5, 18, 19]. Заслуги Костычева перед почвоведением были признаны при жизни, заслуженно оценены его современниками. Однако сегодня подходы Костычева в открытии «закона неубывающего плодородия» известны лишь узкому кругу специалистов. А значит... без агрохимического, агрономического и микробиологического подхода Костычева современное почвоведение осталось более описательной наукой, чем синтетической, тем более – активным агентом природопользования, создания природоподобных технологий, на которые сейчас Россия заявила запрос [3, 13]. Это актуально при всей неудачности термина, хотя его можно скорректировать. Основное – осознание значимости задачи непротиворечивого встраивания Человечества в Биосферу, причем с возможностью увеличения ее биологической продукции, прироста ресурсов и, одновременно, снижения антропогенной нагрузки [4, 5]. Все эти вопросы тесно взаимосвязаны, хотя проблеме безопасности почв не уделяется такого же внимания, как некоторым другим вопросам, и настало время изменить ситуацию. Мы связаны с почвами во многих основных аспектах нашей повседневной жизни. А главное – продовольственная безопасность,

головная боль всего мира – основной глобальный вопрос, в котором огромную роль играет почва.

Ключевые задачи – снижение существующего загрязнения и восстановление загрязненных почв. Прилагаются усилия по обеззараживанию почв и их восстановлению. Кроме того, в некоторых районах Центральной Азии существует обеспокоенность проблемами опустынивания и эрозии, которые приводят к общему обеднению и деградации почв. Также имеют место потери органического вещества и биологической активности, способствующие разрушению структуры почв и повышению их чувствительности к вымыванию и выветриванию. Опустынивание в полузасушливых районах, и засоление почв, особенно когда орошение производится водами низкого качества, также являются серьезной проблемой. Разные люди, в зависимости от специализации их деятельности, воспринимают почвы абсолютно по-разному. Строители рассматривают их в качестве площадки, на которой могут быть возведены желательные объекты. Землеустроители – как объект земельного отвода по тем или иным целям. Фермеры видят в них среду для выращивания растений. Люди, занимающиеся качеством воды, считают их буфером, фильтром. Обращая внимание только на одну функцию почв, мы, тем самым, способствуем их ускоренной деградации, и затрудняем выполнение ими прочих функций. Например, если мы будем использовать почвы в интенсивном сельскохозяйственном режиме, то не сможем управлять биоразнообразием или накапливать углерод для сокращения выбросов парниковых газов. Так, в качестве первого шага необходимо повышение общественной осведомленности о многофункциональности почв. Рациональное управление почвами способствует сохранению их многочисленных функций, в особенности, функции производства продовольствия, которая осуществляется за счет сохранения или улучшения содержания органических веществ, биологической активности и других факторов плодородия.

Государственный деятель. А.С. Ермолов, бывший однокашник Костычева по Лесному институту, ставший министром земледелия и государственных имуществ, предложил Костычеву возглавить Департамент земледелия. Павел Андреевич согласился и пришел в департамент с обширной программой подъема всех отраслей сельского хозяйства: земледелия, лесоводства, садоводства, животноводства [3]. Неизвестно, что бы он успел на этом посту, если бы внезапная кончина не оборвала его жизнь. Но многое он все же успел. ...

Благодаря Костычеву в Москве на месте разогнанной ранее Петровской академии был открыт сельскохозяйственный институт. Так что существующая ныне «Тимирязевка» может считать его отцом родным. Скрепя сердце пошел Костычев на условие правительства: студенты должны набираться из семей крупных землевладельцев. Но богатую молодежь того времени манил Париж, как, впрочем, и сейчас. Костычев для того, чтобы открыть институт, шел на любые условия. Он знал, что за неимением студентов из богатых слоев ограничения приема со временем снимут. Павел Андреевич созвал и провел Всероссийский съезд по вопросам низшего и среднего сельскохозяйственного образования. Без опытных станций П.А. Костычев тоже не представлял себе нормального развития земледелия. Благодаря его неутомимой энергии, многие разделили выводы профессора П.А. Костычева о роли многолетних трав и черного пара, о безотвальной пахоте, согласились со справедливым утверждением профессора Менделеева о сущности крестьянского труда как разновидности умственного. По программам Костычева заработали Шатиловская станция в Тульской губернии (ныне – в Орловской области), созданная на базе Батищева после смерти Энгельгардта – Энгельгардовская станция. А еще поднялись Херсонская станция и Валуйская (в Самарской губернии), переименованная впоследствии в Костычевскую.

Послесловие. После засух и неурожаев начала 90-х годов, правительство переселяло разорившихся крестьян Черноземья в районы Сухуми и Сочи. Павел Андреевич не мог оставить переселенцев без поддержки в новых климатических условиях, на неисследованных почвах. Он едет на Кавказ, чтобы на месте выяснить программу работы будущей Сухумской опытной станции. Интересовал его и вопрос разведения виноградников на северных склонах Кавказа. На обратном пути в

Каспийском море пароход, на котором плыл Павел Андреевич, потерпел аварию. После аварии у П.А. Костычева обострились приступы сердечной болезни – основной диагноз для равнодушных людей-государственников. 21 ноября 1895 года Павел Андреевич безвременно ушел из жизни.

Смерть застала его на пороге больших начинаний...

Павел Андреевич Костычев оставил после себя учебники, школы, опытные станции, сотню научных работ – все, до единой, фундаментальные. Как ни покажется странным, воплотил замыслы Павла Андреевича Костычева в жизнь Василий Васильевич Докучаев. Обстановка научного спора была рабочей обстановкой, родной стихией Докучаева. После очередной научной схватки Василий Васильевич возвращался к своим трудам освеженный. Только с Костычевым по вопросам плодородия Докучаев никогда не спорил, взглядов его не отвергал – чувствовал интуитивно его правоту. Он прекрасно понимал, что в области плодородия почв Павел Андреевич не знает себе равного. Ценность человека и его нравственность, в конечном счете, и определяется количеством правды, которую он может выдержать. Костычев в дискуссии о роли леса в водном режиме степных почв вновь оказывался прав. Прав был Павел Андреевич и тогда, когда предлагал для увеличения мощности лесополос сажать в подлесок кустарник с мелкими корнями. К тем же выводам впоследствии пришла и Особая экспедиция Докучаева. Подобраны были и породы деревьев, пригодные для жизни в степи. На этих пионерских работах вырос талант известного впоследствии всему миру лесоведа Г.Ф. Морозова, создавшего учение о лесе.

В Петровско-Разумовском работал Д.Н. Прянишников. Костычев дал ему направление в Москву, направил его научные интересы. Ученик Тимирязева, Прянишников продолжал агрохимические и микробиологические исследования Костычева. В Петербурге в Лесном институте главным преемником Костычева был друг Д.Н. Прянишников, П.С. Коссович, которому Костычев оставил кафедру после ухода в Департамент земледелия. Из школы П.А. Коссовича вышел крупный почвовед и агрохимик К.К. Гедройц, студентом учившийся у Павла Андреевича. Все это – российская преемственность, благодаря которой нашей стране удалось справиться со всеми бедами первой половины XX века – революцией, гражданской войной, разрухой, гуманитарной и научной эмиграцией. Понятной становится и причина подъема страны из руин после войн, после гибели миллионов людей, она – в народе и самое главное – надежном научно-теоретическом обеспечении страны. Чтобы поднять сегодня страну из руин бездуховности, нужно вернуть народу докучаевский, костычевский, вавиловский (можно долго перечислять!) дух.

Много чего оставил Павел Андреевич, только ни строчки не написал о себе самом. Никто не слышал от него жалоб никогда, ни в самом начале – на порки, которых было предостаточно, на работы в саду строгого смотрителя училища, ни в зрелой жизни русского подвижника. В жизни Костычева было много чего тяжелого, чисто русского – тяготы, бедность, непонимание, зависть, несправедливость. Павел Андреевич прошел сквозь все, не останавливаясь на них ни своего внимания, ни нашего [12].

...Традиционно считается, что в условиях до 1917 года XX века преждевременно угасали лучшие люди в стране. Но правда состоит в том, что лучшие люди в России не тлели, а горели желанием осветить и облегчить жизнь многих. Павел Андреевич Костычев просто был не способен работать впосилу в любых условиях. Он был из породы тех, которые благоприятные условия создают сами...

Имя великого ученого и выдающего человека Павла Андреевича Костычева, давшего надежду миру на выживание, Россия, мир и даже научные правнуки практически не знают, и не помнят... Увы... Хотя творческое наследие Костычева, масштаб его личности и свершений – основа развития мира в ноосфере [1, 4, 14, 19, 29–34].

Примечания:

1. Glazko Valery I. The Science and the Management Society in the 21st Century // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (1). № 1. pp. 20–29. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.20

2. Жученко А.А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. М.: Изд-во Агрорус. 2011. Т. 1. 816 с.
3. Ivanitskaya Lidia V, Sokolov Mikhail S., Glazko Valery I. No-alternative and the Factors of Social and Environmental Co-evolution of the Biosphere into the Noosphere (the Development of the Biosphere Ideas of Vernadsky) // Biogeosystem Technique. 2015. Vol. (3). Is. 1. pp. 29–49. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.29
4. Калиниченко В.П. Биоекосистемотехника как гносеологическая основа управления экосистемами // Живые и биокосные системы. Декабрь 2012. Вып. 1. <http://www.jbks.ru/archive/issue-1/article-3>
5. Ковда В.А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. В 2-х книгах. М.: Наука. 1973. Кн. 1. 447 с. Кн. 2. 468 с.
6. Костычев П.А. «Общедоступное руководство к земледелию» (изд. 9-е, М.: Новая деревня. 1922 г.)
7. Костычев П.А. Почвы чернозёмной области России: их происхождение, состав и свойства / П. А. Костычев. М.: Сельхозгиз, 1949. 239 с.
8. Костычев П.А. Способствует ли разведение лесов уничтожению засух? // Отечественные записки. 1876. № 3. С. 1–33.
9. Костычев П. А. О борьбе с засухами посредством обработки полей и накопления на них снега / проф. П. А. Костычев. Изд. 4-е. М.: Типолитография Т-ва И. Н. Кушнерев и К°, 1907. 87 с.
10. Костычев П.А. Почвоведение. М.: СЕЛЬХОЗГИЗ, 1940. 226 с.
11. Костычев П.А. Избранные труды / ред. И. В. Тюрина; примеч. Н. И. Шарапова; АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 667 с.
12. Крупеников И.А. Павел Андреевич Костычев / Отв. ред. С.В. Зонн. М.: Наука, 1987. 224 с.
13. Медоуз Д. Пределы роста ("The Limits to Growth"). М.: Наука. 1972. 212 с.
14. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М.: Молодая гвардия. 1990. 352 с.
15. Российский крестьянин в годы войн и в мирные годы (XVIII – XX вв.): сборник трудов участников научной конференции (Тамбов, 10 июня 2010 г.). Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 256 с.
16. Соколов М.С., Дородных Ю.Л., Марченко А.И. Здоровая почва как национальное достояние // Почвоведение. 2010. № 7. С. 858–866.
17. Субетто А.И. Ноосферный прорыв России в будущее в XXI веке: Монография / Под науч. ред. д.филос.н. В.Г. Егоркина. СПб.: Астерион, 2010. 544 с.
18. Sokolov M.S., Glazko V.I. The global social and environmental problem - approaches to solving Journal of Agricultural Technology 2015. Vol. 11(5): 1177–1183 Available online <http://www.ijat-aatsea.com> ISSN 1686-9141
19. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Торопова Е.Ю. Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты // Агрохимия. 2015. № 8. С. 81–94.
20. Семенов А.М., Соколов М.С. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев оценки // Агрохимия. 2016. № 1. С. 3–16.
21. Путин В.В. Выступление на заседании генеральной Ассамблеи ООН. 28 сентября 2015 г. <http://www.1tv.ru/news/polit/293099>
22. VV Putin Speech at the UN General Assembly, September 2015. <http://www.1tv.ru/news/polit/293099>
23. Green Economy. United Nation Environment Programme. <http://www.unep.org/greeneconomy/>
24. International Commission Calls for 'Paradigm Shift' in Agriculture. www.worldwatch.org/node/5712
25. Sister Vladimir G., Igor' S. Tartakovsky, Andrey N. Tsedilin, Nina V. Vorobeva Transformation of Components of Human Environment Under Anthropogenic Impact // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (2). No 2. pp 174–181. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.174
26. Котляков В.М., Тишков А.А., Ключев Н.Н., Бородина Т.Л., Глезер О.Б., Мохов И.И., Хон В.Ч., Чернокульский А.В., Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А., Титкова Т.Б., Виноградова В.В., Михайлов А.Ю., Румянцев В.А., Коронкевич Н.И., Птичников А.В., Воропаев А.И., Булгакова В.А., Мокрушина Л.С., Вайсфельд М.А. и др. Стратегические

ресурсы и условия устойчивого развития Российской Федерации и ее регионов / Краткие итоги реализации Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН №13. «Географические основы устойчивого развития Российской Федерации и ее регионов» в 2012–2014 гг. / Под редакцией академика В.М. Котлякова и профессора А.А. Тишкова. М.: Институт географии РАН. 2014. 166 с. ISBN 978-5-89658-042-3. <http://www.twirpx.com/file/1657006/>

26. Berezin Leonid V. Scientific Basis of the Adaptive Landscape Reclamation Farming Systems // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (1). № 1. pp 30–40. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.30

27. Berezin Leonid V. New Paradigm of Soil Treatment // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (2). No 2. pp 133–149. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.133

28. Калиниченко В.П., Ляхов В.П., Юсупов В.У., Халилов Р.Р. Биоекосистемотехника как новая основа синтеза идеи и атрибутов национальной безопасности в 21 веке // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2015. №3. С. 144–149.

29. American father of soil physics in the USA Pavel Andreyevich Kostychev <https://en.wikipedia.org/w/index.php?search=kostychev&title=Special%3ASearch&go=Go>

30. Pavel Andreyevich Kostychev https://en.wikipedia.org/wiki/Pavel_Andreyevich_Kostychev

31. Костычев Павел Андреевич https://ru.wikipedia.org/wiki/Костычев,_Павел_Андреевич

32. Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zarmaev A.A., Minkina T.M., Starcev V.F., Dikaev Z.S., Magomadov A.S., Jusupov V.U. Biogeosystem technique as a contribution to global food sustainability // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC International Congress Of Pesticide Chemistry. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10–14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 37.

33. Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Chernenko V.V., Startsev V.F., Bakoev S.U., Dikaev Z.S. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly. Vienna, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015.

34. Иванов И. В. История отечественного почвоведения: Развитие идей, дифференциация, институционализация. Книга первая. 1870–1947 гг. М.: Наука, 2003. 397 с.

References:

1. Glazko Valery I. The Science and the Management Society in the 21st Century // Biogeosystem Technique, 2014, Vol.(1), № 1, pp. 20–29. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.20

2. Zhutchenko A.A. Adaptive strategy for sustainable development of Russian agriculture in XXI century. Theory and practice. М.: Publishing house Agrorus. 2011. Vol. 1. 816 S

3. Ivanitskaya Lidia V, Sokolov Mikhail S., Glazko Valery I. No-alternative and the Factors of Social and Environmental Co-evolution of the Biosphere into the Noosphere (the Development of the Biosphere Ideas of Vernadsky) // Biogeosystem Technique. 2015. Vol. (3). Is. 1. pp. 29–49. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.29

4. Kalinichenko V.P. Biogeosystem technique as an epistemological framework for ecosystems managing // Live and bioinert systems. December 2012. Issue. 1. <http://www.jbks.ru/archive/issue-1/article-3>

5. Kovda V. A. The basis of the soil doctrine. General theory of soil formation process. In 2 books. М: Nauka. 1973. Book 1. 447 p, Book 2. 468 p.

6. Kostychev P.A. Public guide to agriculture (ed. 9th, М.: New village. 1922. 58 p.

7. Kostychev P. A. Soils of the Chernozem region of Russia: their origin, composition and properties / P. A. Kostychev. М.: Publishing House Of Agricultural, 1949. 239 p.

8. Kostychev P. A. Does breeding forest help to destruction of drought? // Domestic notes. 1876. No. 3. pp 1–33.

9. Kostychev P. A. About struggle to drought through the processing of fields and the accumulation of snow on them / Professor P. A. Kostychev. Ed. 4th. М.: Tipolithographic printing of t-va I. N. Kouchner and K^o, 1907. 87 c.

10. Kostychev P. A. Soil Science. M.: Publishing house of agricultural, 1940. 226. p.
11. Kostychev P. A. Selected works / edited by I. V. Tyurin; note. N. Sharapova I.; Academy of Sciences of the USSR. M.: Izd-vo AS USSR, 1951. 667 p.
12. Krupennikov I. A. Pavel Andreevich Kostychev / Resp. edited by S. V. Zonn. M.: Nauka, 1987. 224 p.
13. Meadows D. H., Meadows D.L., Randers J., Behrens III W.W. The Limits to Growth. M: Nauka. 1972. 211 p.
14. Moiseev N. N. The man and the noosphere. M.: Young guard. 1990. 352 p
15. The Russian peasant during the war years and peace years (XVIII – XX centuries): proceedings of the participants of the conference in Tambov (10 June 2010). Tambov: Publishing house GOU VPO TGTU, 2010. 256 p.
16. Sokolov M.S., Dorodnykh Yu. L., Marchenko A.I. Healthy Soil as a Necessary Condition of Human Life // Eurasian Soil Science. 2010. V. 43. No 7. pp. 858–866.
17. Subetto A. I. Noospheric breakthrough in the future of Russia in the XXI century: Monograph / Under scientific. ed doctor of philosophy. N. V. G. Egorkin. SPB.: The Asterion, 2010. 544 p.
18. Sokolov M.S., Glazko V.I. The global social and environmental problem – approaches to solving Journal of Agricultural Technology 2015, Vol.11(5): 1177-1183 Available online <http://www.ijat-aatsea.com> ISSN 1686-9141
19. Sokolov M. S., Glinushkin P. A., Toropova E. Yu. Environment-forming functions of a healthy soil – phyto-sanitary and social aspects // Agrochemistry. 2015. No. 8. Pp. 81–94.
20. Semenov A. M., Sokolov M. S. Concept of soil health: fundamental and applied aspects of the justification of the evaluation criteria // Agrochemistry. 2016. No. 1. S. 3-16.
21. Putin V.V. Speech at the UN General Assembly, September 2015. <http://www.1tv.ru/news/polit/293099>
22. Green Economy. United Nation Environment Programme. <http://www.unep.org/greeneconomy/>
23. International Commission Calls for 'Paradigm Shift' in Agriculture. www.worldwatch.org/node/5712
24. Sister Vladimir G., Igor' S. Tartakovsky, Andrey N. Tsedilin, Nina V. Vorobeva Transformation of Components of Human Environment Under Anthropogenic Impact // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (2). No 2. pp. 174-181. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.174
25. Kotlyakov V. M., Tishkov A. A., Kluyev N. N., Borodina T. L., Glezer O. B., Mokhov I. I., Khon V. C., Chernokulsky A. V., Zolotokrylin A. N., Cherenkova E. A., Titkova T. B., Vinogradova V. V., Mikhailov A. Yu., Rumyantsev V. A., Koronkevich N. I., Ptichnikov A.V., Voropaev A.I., Bulgakova V. A., Mokrushina L. S., Vaysfeld M. A. and others. Strategic resources and conditions of sustainable development of the Russian Federation and its regions / Summary of implementation of the Program of fundamental research of RAS Department of Earth Sciences No. 13. "Geographical bases of sustainable development of the Russian Federation and its regions" in 2012-2014 years / Under the editorship of academician V. M. Kotlyakov and Professor A. A. Tishkov. M.: Institute of geography of RAS. 2014. 166 p. ISBN 978-5-89658-042-3. <http://www.twirpx.com/file/1657006/>
26. Berezin Leonid V. Scientific Basis of the Adaptive Landscape Reclamation Farming Systems // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (1). № 1. pp. 30–40. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.30
27. Berezin Leonid V. New Paradigm of Soil Treatment // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (2). No 2. pp 133–149. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.133
28. Kalinichenko V. P., Lyakhov, V. P., Yusupov, V. Y., Khalilov R. R. Biogeosystem technique as a new basis for synthesis of ideas and attributes of national security in the 21st century // State and municipal management. Proceedings of the scientific notes SKAGS. 2015. No. 3. pp 144–149.
29. American father of soil physics in the USA Pavel Andreyevich Kostychev <https://en.wikipedia.org/w/index.php?search=kostychev&title=Special%3ASearch&go=Go>
30. Pavel Andreyevich Kostychev https://en.wikipedia.org/wiki/Pavel_Andreyevich_Kostychev
31. Костычев Павел Андреевич https://ru.wikipedia.org/wiki/Костычев,_Павел_Андреевич
32. Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zarmaev A.A., Minkina T.M., Starcev V.F., Dikaev

Z.S., Magomadov A.S., Jusupov V.U. Biogeosystem technique as a contribution to global food sustainability // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC International Congress Of Pesticide Chemistry. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10–14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 37.

33. Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Chernenko V.V., Startsev V.F., Bakoev S.U., Dikaev Z.S. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly. Vienna, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015

34. Ivanov I. V. History of Russian Pedology: the development of ideas, differentiation, and institutionalization. The first book. 1870-1947. Moscow: Nauka, 2003. 397 p.

УДК 63.54; 631.47; 631.48

К 170-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Павла Андреевича Костычева

Первооткрыватель закона «неубывающего плодородия», учения о саморегуляции и саморазвитии здоровой почвы

¹ Михаил Сергеевич Соколов

² Валерий Иванович Глазко

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Российская Федерация
143050 Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институтская, влад. 5
Доктор биологических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник
E-mail: sokolov34@mail.ru

² Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Российская Федерация
127550 Москва, Тимирязевская ул., 49
Центр экспериментальной эмбриологии и репродуктивных биотехнологий, Российская Федерация
главный научный сотрудник, д.с.-х.н., академик РАН (иностранный член), профессор
Москва, 127422, ул. Костякова, д. 12 стр. 4
E-mail: vigvalery@gmail.com

Аннотация. Рассматриваются истоки формирования отечественного почвоведения в связи с историей и научной судьбой П.А. Костычева. Отражена работа социальных лифтов в царской России, в частности, в праве на возможность получать и продолжать высшее образование. Костычев впервые ввел новое понятие о почвоведении как естественноисторической дисциплине, как науке о почвенной оболочке Земли. Он впервые рассматривал почву и как природный продукт, и как источник жизни на Земле. Впервые предложил и показал многофункциональность почвы, как среды для произрастания растений, для производства продовольствия, энергии, роли в круговороте воды, регулирования количества и качества водных ресурсов и многого другого. Он первым, владея методами биохимии и микробиологии, экспериментально исследовал влияние бактерий, грибов и мезофауны на разложение растительных остатков и преобразование их в почвенный гумус. Он первый поставил вопрос о здоровье почв, к чему придут только в начале XXI века. Первый вскрыл «механизм» процессов гумусообразования в черноземах. Первым обосновал биологическую природу почвообразовательного процесса. Первый через рационального управления почвами поставил вопрос о продовольственной безопасности страны. Его логика в постановке вопросов и получаемые им данные и ответы были безупречны. Почва впервые стало главным действующим лицом в биосфере. Как известно, почвы

чрезвычайно богаты углеродом. Благодаря этому пониманию, мы можем иначе взглянуть на углеродный цикл нашей планеты. Эрозия — основная проблема, с которой сталкивается мир в глобальном масштабе, и которая имеет серьезные последствия. Эрозия связана с потерей органического вещества, которое, в свою очередь, ведет к потере плодородия почв, а это напрямую влияет на способность растений к произрастанию и потери продовольственной безопасности. Так небольшие изменения количества углерода в почве могут оказать огромное влияние на количество углекислого газа в атмосфере. Управляя почвами надлежащим образом, можно ограничить повышение концентрации углекислого газа в атмосфере и даже уменьшить её. Этот вопрос весьма актуален для всех стран, особенно в наше время, когда продолжают применять опасную для Человечества индустриальную технологическую платформу развития, которая уже не имеет перспективы. Подчеркивается лидерство Костычева в развитии представлений о том, что микробиота является биологической основой плодородия почв: воздействуя на нее особыми приёмами можно управлять плодородием. Отмечаются уникальность и современная актуальность его комплексных подходов к оценкам плодородия почвы и способам её оздоровления. Обсуждаются основные положения результатов научных исследований П.А. Костычева, преемственность и востребованность его деятельности, невзирая на забывчивость научных потомков.

Ключевые слова: плодородие почвы, оценка плодородия почвы, здоровье почвы, микробиота, минеральные удобрения, лесопосадки.

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
International Journal of Environmental Problems
Has been issued since 2015.

ISSN: 2410-9339

E-ISSN: 2413-7561

Vol. 2, Is. 2, pp. 97-116, 2015

DOI: 10.13187/ijep.2015.2.97

www.ejournal33.com



UDC 631.4; 631.8

To the memory of generation...

Dmitry Nicolaevitch Pryanishnikov, Russian scientist – traditions, problems...

Valery I. Glazko

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
Russian Federation

Center of experimental embryology and reproductive biotechnologies, Russian Federation

Doctor of Agrarian Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Science (foreign
participator), professor

127550, Moscow, Timiryazev str. 49

E-mail: vigvalery@gmail.com

Abstract

The article highlights the scale of the personality of D.N. Pryanishnikov as a bright representative of the galaxy of the founders of the best traditions of the Petrovskaya Academy of science and of agronomy. His outstanding role as a citizen of Russia, the Creator of the moral-philosophical position of the Russian scientist were shown and his possibility to go to the end in the struggle for scientific truth, what was the noble sense of civic duty to the mother country, growing out of the mentality of Russian ethnos. Mighty roots of the spirit of Russian scientist spirit had allowed D.N. Pryanishnikov to do the outstanding contribution on the international level in the development of scientific agriculture in our country, the theory and practice of agrochemistry, agriculture and crop production. The stages and the results of years of scientific researches of scientist were presented. Thanks to the work of D.N. Pryanishnikov, achievements of agricultural chemistry in Russia had gained worldwide recognition and priority in the resolution of many problems: the importance of nitrogen, phosphate and potash in plant nutrition, application of nitrogenous, phosphoric and potassium fertilizers, liming of soils, use of green and other local fertilizers. The contribution of the agro-chemical scientific school of D.N. Pryanishnikov in the development of ideas and directions of agricultural chemistry development, in the physiology of plant nutrition, as well as the production and use of fertilizers in our country was demonstrated. D.N. Pryanishnikov was the "conscience" of science. The public confrontation D.N. Pryanishnikov to T.D. Lysenko, who as President of the agricultural Sciences Academy had turned into the "Department of barriers" to the development of science and technology in the country was discussed. He had great courage, love of freedom and the courage to achieve, with danger to own live, the restatement of the cases A.G. Doyarenko, S. Gerken, N.I. Vavilov and many other outstanding scientists of Russia.

Keywords: D.N. Pryanishnikov, personality, agrochemistry, agronomy, private and general farming, soil fertility, crop.

Введение

Время безразлично к человеку и стремительно смывает следы его жизни. Все описания и рассказы о Дмитрие Николаевиче поразительно традиционны и однообразны. Великий мировой ученый. Создатель агрохимии. Окончил физико-математический факультет МГУ, со степенью кандидата естественных наук. Его учителя – выдающиеся представители русской науки: К.А. Тимирязев, В.В. Марковников, А.Г. Столетов, И.Н. Горожанкин. Конец XIX века. Российская наука переживает расцвет, подготовленный предшествующими десятилетиями. Во второй половине XIX в. работа Ч. Дарвина «Происхождение видов» была популярна в среде русской интеллигенции так же, как и «Капитал» К. Маркса. Все это аукнется в России с началом XX века. Но пока открытия в различных отраслях знания, прежде всего, в биологии, химии и физике убеждают современников во всемогуществе науки. Люди ждали от нее решения многих наболевших проблем. «Если меня спросят: какая область знания наложила неизгладимую печать на весь умственный облик XIX века? – Я отвечу смело: естествознание», – говорит К.А. Тимирязев, характеризуя роль естественных наук в жизни общества, формировании научной картины мира и мировоззрения у современников [22]. Эту точку зрения разделял и видный биолог той эпохи М.А. Мензбир: «Мы должны признать как несомненное, что новейшая цивилизация держится на естествознании». Это одна из многих причин, почему Дмитрий Николаевич в 1887 году поступил на III курс Петровской земледельческой и лесной академии (ныне Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева), которую он и закончил в 1889 году со степенью кандидата сельского хозяйства и работал в ней до конца жизни [2, 9].

Вспоминают обычно в основном, научную работу Дмитрия Николаевича в Москве, его научную школу, мировую известность. Но не затрагивают время, в котором он жил. Несмотря на то, что для истории России характерны периодически повторяющиеся бунты и жестокие гражданские войны (Разин, Булавин, Пугачев и др.). В одну из таких эпох и жил, работал и оставался человеком и государственным деятелем Дмитрий Николаевич Прянишников.

Дмитрий Николаевич Прянишников – гражданин и творец

Любая революция, как обычно пишут историки – локомотив истории, ее душа для большинства в ней участвующих – скорость преобразований... Стремительность исторического процесса притягивает и вовлекает окружающих. Оглядетесь, уточните свой путь, смысл деяний при такой скорости можно только со временем, и обычно после их создания и разрушения, без сочувствия к «участствующим».

Стремительное движение «локомотива истории» вызвало в многоукладной России до 17-го года невиданное смешение осознанных и неосознанных стихийно-природных исканий. Революция и ее проповедники привели в движение огромное наследие преданий, легенд, стихийного правдоискательства, так характерного для менталитета народа живущего в России. Это очень существенное обстоятельство, важное для понимания и осознания времени, жизни и творчества Дмитрия Николаевича Прянишникова [1, 2].

Как известно, в 1917 году страна была разорена Первой мировой войной, но значительно меньше, чем другие государства – участники этой бойни. Однако именно в нашей стране состоялась беспощадная гражданская война и переход государства из одного состояния в принципиально другое. Вместо одного народа в стране оказался другой. Тот, который с размахом праздновал 300-летие династии Романовых, и тот же самый вроде бы, который через пять лет эту семью расстрелял и обеспечил большевикам победу. Для того чтобы понять куда пойдет Россия дальше понадобился Сталин. Однако характер коммунизма, который победил в Гражданской войне, однозначен и различим именно своей однозначностью и беспощадностью. С одной стороны, он весь погружен в верования о прекрасном, лишенном зла мире. С другой – он весь во внутреннем убеждении Власти, что Советской республике во враждебном капиталистическом окружении не выжить. Отсюда берут начало все последующие действия Власти – военный коммунизм. Продразверстка, все по карточкам, расстрелы мешочников и противников советской власти. Вымирание городов – бегство населения, остановок фабричных производств и заводов. Единственное востребованное промышленное производство – зажигалки [2]. Опустение городов приводило к возвращению оголодавших городских жителей для выживания обратно в деревню. Занятие земледелием и огородничеством. Отсюда вытекает и «перманентная революция»

Троцкого. Идея ее вытекала из понятий, что невозможно представить себе мирное сосуществование царств: одно – добра и счастья, другое – зла и греха. Наряду с этим, разворачивалось восторженное обсуждение коренных вопросов бытия: создание нового человека, каким должен он быть, каким его воспитать. Заодно – избавить человечество от смерти и воскресить (по Федорову) тех, кто не дожил до победы коммунизма. При этом все на фоне смешения различных нравственно-философских стихий – правдоискательства, мечтательства всех видов, всякого рода «суеверий», прожектов будущего «рая». И понятно, что все – без точных исторических знаний, научного предвидения. Но это не останавливало кремлевских вождей. В.И. Ленин в 1922 году в статье «Успехи и трудности Советской власти» говорил о том, что «мы хотим строить социализм немедленно из того материала, который нам оставил капитализм со вчера на сегодня... а не из тех людей, которые в парниках будут приготовлены...» [5].

Кронштадтский мятеж привел вождей в чувство – к НЭПу. Но, новые партийцы, со Сталиным пришедшие к власти, распрощались с НЭПом. Советское государство начало осуществлять грандиозные планы пересоздания страны, начав с коллективизации, и индустриализации. Это до сих пор восхищает многих, не смотря на не оправданную жестокость и гибель десятков миллионов. Но выжившие сохранили, несмотря ни на что, глубокую преданность идеалам юности, идеалам Октября [2].

Многие понимали, что, распрощавшись с НЭПом, мы заодно распрощались и с поливариантным мышлением. Сталин целиком сосредоточился на главном и единственном, по его мнению, направлении – на задаче коллективизации и индустриализации страны любой ценой. Любой другой вариант рассматривался как деяние антиобщественное, антигосударственное, антисоветское. Отсюда и «любая цена» платы во всем советского человека, и его жертвенность, которую тогда проявили, и категоричность суждений [1–3]. Хотя такого рода менталитет сложился у российского этноса задолго до очередной революции. Долготерпение народа в России эксплуатировали веками, и далеко не всегда добросовестно, осознано, и с пользой для страны.

Крестьянская культура составляла основу российской жизни. Она создавалась из индивидуальных личностей – крестьян и объединялись в свою очередь в общины, из которых слагалось крестьянство как целое. Без семьи и личности крестьянина, без общины не было бы крестьянства и его великих дел. Сталин считал крестьян потенциальным двигателем новой революции. Поэтому первый удар был направлен против крестьян – отсюда и коллективизация. К М.А. Шолохову в 1929 году, да и ранее, обращались с письмами из глубин России десятки тысяч несправедливо «раскулаченных» середняков. А их защитник, автор «Тихого Дона», М.А. Шолохов, тоже ожидал от Москвы спасительного вмешательства. Он писал в июне 1929 года Е.Г. Левицкой о перегибах при хлебозаготовках, повторившихся и при коллективизации: «Жмут на кулака, а середняк уже раздавлен. Беднота голодает, имущество, вплоть до самоваров и полостей, продают в Хоперском уезде у самого истого середняка, зачастую даже маломощного. Народ звереет, настроение подавленное... Я работал в жесткие годы, в 1921–1922 годах, на продразверстке. Я вел крутую линию, да и время было крутое; шибко я комиссарил, был судим ревтрибуналом за превышение власти, а вот таких делов даже тогда не слышал, чтобы делали» [3–4]. Вот такая «перестройки и революции» выпали на время Д.Н. Прянишникова.

Год рождения Д.Н. Прянишникова символически совпал с годом открытия Петровской (ныне РГАУ–МСХА им. К.А.Тимирязева) академии, успешным выпускником и профессором которой он стал впоследствии [6, 8].

Дмитрий Николаевич Прянишников родился 25 октября (6 ноября) 1865 года в семье служащего в г. Кяхте Забайкальской области (Восточно-Сибирской губернии, ныне – Бурятия). Вся атмосфера в Сибири была другой, чем в европейской части России. Сибирь не знала крепостного права и дворянства. Отсюда и фраза Дмитрия Николаевича – «Я не могу теперь отделить влияние матери от влияния окружения.... Ведь в Сибири не только не было крепостного права и дворянства, но не было вообще частного землевладения – это было сплошное крестьянское царство, от Урала до Тихого океана (продажа и покупка земли в Сибири была запрещена). Крестьяне захватывали столько земли, сколько они могли обработать, – отсюда наличие в Сибири более крупных наделов в отличие от измельченных наделов в России...

Сибирский крестьянин не знал лаптей, не знал соломенных крыш, никому не отвечивал низких поклонов, с горожанином здоровался за руку, как равный» [14, 17, 19].

В России роль печатного слова велика. Многие воспитаны на «Отечественных Записках». Представления о неоплаченном долге по отношению к народу, призывы идти на работу в деревню оттуда. Это было время упреков, что интеллигенты норовят по окончании высшей школы получать «тысячное жалованье» вместо того, чтобы идти в волостные писари, врачи или сельские учителя и получать 300 рублей в год. В будущем то, что сформировалось в Сибири – благородное чувство гражданского долга перед родной страной, воспитанное семьей и сибирскими учителями, Д.Н. Прянишников сохранил до конца своей жизни. Поэтому Д.Н. Прянишников был одним из немногих, кто и видел, знал и понимал революцию изнутри. В сущности, он был одним из немногих, которые, благодаря житию в Сибири, осознали многоукладность России как реальность. Они не отбросили, не обрубили патриархальные, спутанные правдоискательские мечтания, жившие в народе, не списали их, как нелепый вариант, а восприняли как данность...

Д.Н. Прянишников окончил гимназию в 1883 г. с отличием. Мать его решила, что после окончания гимназии они всей семьей поедут в Москву. Так начался у него московский период, длившийся всю его жизнь. Кяхтинец – провинциал Д. Н. Прянишников, став москвичом, вошел в мировую историю агрономической науки как классик агрохимии, биохимии, физиологии растений, растениеводства не только в России, но и далеко за ее пределами. Все это благодаря исключительному таланту и насыщенной научными событиями жизни и окружающей его среды. На формирование Прянишникова в Петровке как ученого огромное влияние оказала сама научная атмосфера Петровки. Профессора Петровки создавали мировую науку своего времени, проповедовали научный метод исследования в стране, чуждый догматизму, предвзятости, угодничеству. В академии Дмитрий Николаевич уделял большое внимание агрономической химии, физиологии растений, частному земледелию. В то время кафедрой агрохимии заведовал Г.Г. Густавсон, а кафедрой частного земледелия – И.А. Стебут. Д.Н. Прянишников закончил академию в два года со степенью кандидата сельскохозяйственных наук. По рекомендации К.А. Тимирязева, И.А. Стебута и Г.Г. Густавсона он был избран стипендиатом для подготовки к званию профессора. Д.Н. Прянишников стал профессором Петровской сельскохозяйственной академии (1895–1948), защитил докторскую диссертацию (1899), избран в члены-корреспонденты Академии наук с 1913 года, избран в действительные члены Академии наук СССР (1929), затем избран в действительные члены ВАСХНИЛ (1935). Международное признание его заслуг мировым научным сообществом было несомненным он был избран Почетным членом ряда зарубежных научных учреждений, среди которых Французская академия наук, Шведская академия сельскохозяйственных наук, Чехословацкая земледельческая академия, Голландское общество ботаников и ряд других научных обществ и учреждений [8, 14].

Д.Н. Прянишников входил в плеяду основоположников лучших традиций Петровской академии и агрономической науки. Для него мало было вобрать в себя знания своих университетских учителей, но и охватить библиотеку Петровки, научиться работать в лаборатории и в поле. Он освоил весь предшествующий российский и мировой опыт естествоиспытателей. Он считал, что полужнание в науке страшней неведения. Прянишников ценил своих учителей и пропустил сквозь себя все, что могли они дать. Но каждое новое слово в науке можно сказать только по-своему и на своем пути. Он, видимо, чувствовал свою самобытность, чем и привлекал внимание многих своих учителей, например, К.А. Тимирязева. Наряду с большой педагогической, научной и организационной работой в сельскохозяйственном институте и Московском университете, Дмитрий Николаевич до революции в течение 10 лет (с 1907 по 1917 г.) читал лекции по агрономической химии и физиологии растений на Голицынских высших женских курсах, работая одновременно деканом, заместителем директора, и трижды избирался директором этих курсов. Много времени и сил он отдавал административной работе и организации учебного процесса в высшей школе. В 1908–1913 гг. он исполнял обязанности заместителя директора по учебной части Московского сельскохозяйственного института, в 1908–1909 гг., 1916–1917 гг. был директором (ректором) института. При его непосредственном участии в институте были

упразднены сословные ограничения, расширен контингент студентов, отменен режим закрытого учебного заведения, снижена плата за обучение и др. По инициативе Д.Н. Прянишникова существенно изменены учебные планы: введена специализация, сокращены некоторые второстепенные предметы, впервые предложено выполнение дипломных работ, стимулирующих научно-исследовательскую работу студентов на кафедрах. Для студентов, которые готовили дипломные работы, были отменены некоторые выпускные экзамены. В 1908 г., будучи директором (ректором) института, Дмитрий Николаевич ввел специализацию по агрохимии. С этого времени, термин «агрохимия» был легализован, хотя кафедры такой еще не было [8–10].

Благодаря своим научным исследованиям, Дмитрий Николаевич Прянишников, человек удивительной судьбы, утвердил приоритет отечественной науки в решении многих проблем агрохимии, биохимии, физиологии растений, растениеводства, методики сельскохозяйственных исследований. Он был, вероятно, одним из самых спокойных, усидчивых и прилежных умельцев, каких только знала наука на переломе двух эпох. И вместе с тем, Дмитрий Николаевич был одним из редких ученых, которые вызывали своей деятельностью столько противоречивых страстей, бушевавших далеко за пределами лабораторных стен [11]. С именем Дмитрия Николаевича Прянишникова – основателя русской агрономической химии – связан почти 60-летний период развития этой науки в нашей стране. В 1916 г. он сформулировал теорию азотного питания растений, ставшую классической; дал схему превращения азотсодержащих веществ в растениях, разъяснил роль аспарагина в растительном организме. Разработаны научные основы фосфоритования почв. Им дана физиологическая характеристика отечественных калийных солей, апробированы различные виды азотных и фосфорных удобрений в основных земледельческих районах СССР. Д.Н. Прянишниковым сделан фундаментальный вклад в учение о питании высших растений и применении удобрений. Дмитрий Николаевич пришел к выводу о единстве строения растительного и животного организмов и, хотя ему не удалось обнаружить аммиак при распадении белка. Он не сомневался, что аммиак, образовавшийся при регрессивном метаморфозе, растения используют для нового синтеза. Д.Н. Прянишников совершил открытие общебиологического значения, установив единство растительного и животного организмов еще в одной области – распадении белковых веществ. Он предположил, и затем выявил у растений способность выделять через корневую систему минеральные и органические соединения. [12–16]. На его трудах было воспитано много поколений агрономов и научных работников в области физиологии и биохимии растений и агрохимии. Работы Д.Н. Прянишникова и теперь являются источником знания для учащейся молодежи нашей страны и за рубежом. На основе разработанных им теорий агрохимия одерживает новые победы и в наши дни, а выводы из экспериментальных работ Дмитрия Николаевича служат руководящими указаниями для практики рационального использования органических и минеральных удобрений – одного из важнейших средств повышения плодородия почвы и подъема урожайности возделываемых культур. Когда стало ясно, что в стране можно будет создать туковую промышленность, Д.Н. Прянишников исследует проблему азота как агрономическую и народнохозяйственную. Он по праву считается основоположником азотной промышленности в нашей стране [8, 18].

Созданная им школа завоевала мировое признание, и в родной стране была удостоена всех возможных отличий. Но далеко не многим пришлось испытать столько ударов и потрясений, как ему.

Жизнь Д.Н. Прянишникова не отличалась яркими внешними событиями, но была наполнена непрерывным творческим трудом и внутренней культурой. Она была довольно разносторонней. Литература, музыка, философия, экономика, политика – были основами жизни этого человека. Он был уникальным собеседником и человеком. При этом он воплощал в себе лучшие душевные свойства – терпимость к чужому мнению и стойкость в своих убеждениях.

Это было время романтиков революции. Они не участвовали в житейской толчее, не знали никаких амбиций честолюбия и властолюбия, никакой эксплуатации своей биографии, кроме творческой... Это время и Д. Н. Прянишникова, В.И. Вернадского, И.П. Павлова и их коллег, время их одиночества, отшельничества, невключенности в группы, течения. В значительно меньшей степени вспоминают про Дмитрия Николаевича

Прянишников и его коллег как «вольнопрактикующих и вольнодумающих». Это было очень небольшим сообществом, и оно не все вымерло, несмотря на революции и гражданскую войну. Большая часть из них в дальнейшем попала в лагеря, и здесь выживших было уже немного. Оказалось, что их выживание было нужно для того, чтобы было на ком производить эксперименты, упрекать за ошибки государства, и вытаскивать страну после гражданской войны и во время Великой отечественной войны... Когда эти люди ушли, исчезло и государство, которое они самозабвенно строили, несмотря на его обманы...

Для современников было странно, что Д.Н. Прянишников, несмотря на природные интеллигентные данные – мягкость натуры, врожденная деликатность, предельная скромность, душевная тонкость – шел до конца в борьбе за научную истину. Невзирая ни на какие преграды. И это несмотря на то, что тогда были времена, когда в жизни государства детерминировал политический сленг: «уклон», «сползание», «кулак», «подкулачник», «подголосок», «главная линия», «верность пролетарской идеологии», «царская профессура», «враг народа», «жмущиеся к единоличию деревни», «классовое расслоение», «кто не за нас, тот против нас» – политические клише, за которыми при его неприятии – стояла смерть. Это был мертвый, деревянный язык. Но такой «русский» язык был нормой в 30-е годы XX века. Наряду с лозунгами о «сползании по правому и левому уклону с партийной линии». Творящий разумом беспорядок, внешне «упорядочивал» себя, закрепляя в лозунгах и идиомах. Большинство рвавшихся во власть жаждали, как во всей стране и соответственно, в науке, суетливо занять побольше стульев, кресел, лавок в рядах чиновных, для себя и «своих».

Но Д.Н. Прянишников был другим. На первый план в его жизни выступали личностные качества: преданность с детства усвоенным демократическим идеалам, негасимая любовь к родной земле и к людям, призваным ее обновить и украсить, верность долгу ученого [11]. Всю свою жизнь Д.Н. Прянишников принимал активное участие в подготовке кадров отечественных агрохимиков. Прянишников активно поддерживал все научные исследования, кроме демагогов от науки (например дуэта Лысенко – Презент, Вильямса) [3, 20, 21].

В статье «Травополье и агрохимия» Д.Н. Прянишников писал: «...в одном из докладов, представленных на июньскую сессию Сельскохозяйственной академии им. Ленина, автор, идя вразрез с пожеланиями всех заинтересованных в поднятии наших урожаев, вдруг мечтает о том, чтобы во главу угла третьего пятилетия было поставлено "не усиление удобрения почв Союза, а приведение их в структурное состояние путем введения... «травопольных севооборотов». На деле же травопольные севообороты, отличающиеся сильным участием злаковых, потребовали бы еще больше удобрений (прежде всего азотистых), чем плодосменные, для которых характерно участие не азотопотребителей, а азотособираателей». «...В травопольной системе некоторые видят какую-то панацею от всех зол, незаменимую "во все времена и для всех народов", забывая, что не может существовать одной системы, одинаково пригодной повсюду, как для малонаселенных, так и для густонаселенных районов, например, и для животноводческих хозяйств Заволжья и Казахстана, и для свеклосеющих хозяйств Северной Украины: если в первом случае уместно экстенсивное травополье, то во втором случае нужны интенсивные плодосменные севообороты. Следует говорить о географическом размещении разных систем и связанных с ними севооборотов в соответствии с общегосударственными интересами и учетом местных естественноисторических и хозяйственных условий и оставить мечту о каком-то "философском камне" универсального значения, о каких-то путях реформирования сельского хозяйства вне времени и пространства» [16].

Жизнь Д.Н. Прянишникова – пример прекрасного сочетания в одном лице великого ученого – государственника, заботливого учителя, прекрасного человека и гражданина своей страны.

Кто до Д.Н. Прянишникова и после него мог сказать про своего ученика, что его ученик гений? А он говорил: «Николай Иванович – гений, и мы не сознаем этого только потому, что он наш современник»... Беспрецедентный случай – пойти для спасения своего ученика к известному своей смертельной опасностью тирану – Берии. Прянишников до конца своих дней бурно и открыто протестовал против официальной травли своего талантливого ученика и впоследствии его ареста.

Д.Н. Прянишников, как и многие, знает и любит страну, как сердце революции, как надежду того времени всего мира. Он видит все победы и поражения страны социализма, бросившей вызов векам эксплуатации и угнетения. В стране индустриализация – здесь само время рванулось вперед. Но Д.Н. Прянишников чувствовал и видел иное, что страна увеличивает «базу бюрократизма». Известно, что в 1924 году благодаря НЭПу в стране осталось лишь 11 наркоматов, а число управлений в ВСНХ сократилось с 56 до 16, но уже в 1939 году было 39 наркоматов... В дальнейшем число московских министерств и ведомств возросло до небывалых – до 100. Бюрократия – «побочный продукт» роста индустриализации, но продукт опасный. Известно выражение в 1922 году В. И. Ленина «Часто: не нам принадлежит этот аппарат, а мы принадлежим ему!».

Но при этом идет активная чистка страны. В начале 20-х гг. чистят философов, социологов, писателей, дело закончилось их высылкой из России. Так было с "меньшевистствующими идеалистами" в философии в начале 30-х годов – их посадили. Так было с агроэкономистами трех ветвей в конце 20–30-х гг., борьба закончилась физической гибелью (расстрелом) практически большей части видных ученых страны. В 1937–1938 гг. были уничтожены оппоненты В.Р. Вильямса. Победители торжествовали в том смысле, что их взгляды канонизировались, принимались за непререкаемую истину, сомневающимся одергивали и призывали к порядку. Так создавались культ и монополизм в науке. Наука останавливалась в своем развитии, отставала как от требований жизни, так и от мирового уровня. В то же время клеветы победившего лидера трубили во все трубы, что они идут впереди планеты всей [1–3, 20, 24]. Еще в 30-е гг. велась борьба в таком же стиле по вопросам биологии, и прежде всего генетики. Противники классической генетики сосредоточили огонь на Н.И. Вавилову. Они открыто заявляли, что «Вавилон должен быть разрушен». Своего добились: великого ученого уничтожили физически, в аграрной науке привели к руководству Лысенко, низвели уровень исследований во многом до простого опытничества, усилили травлю инакомыслящих.

Ю.И. Соловьев собрал документы, хранящиеся в Архиве РАН. Из них видно, что Д.Н. Прянишников хорошо понимал время, в котором жил, и активно защищал своих учеников, когда их арестовали, когда в газетах и журналах появились клеветнические статьи против его учеников и сотрудников. В Архиве РАН сохранились его письма [20, 21].

В Президиум ВАСХНИЛа

По возвращении из-за границы я с удивлением и возмущением прочел в № 10 "Соц. реконструкции" клеветническую статью А. Коля, в которой он всячески поносит Вавилова, пользуясь шаблонным приемом недобросовестных критиков и приписывая Вавилову положения, которых он не высказывал.

Но наиболее удивительно вовсе не то, что существуют на свете Коля и К°, а то, что эта лживая статья напечатана в органе Ленинской Академии и Наркомзема.

Прежде всего, статья эта выпущена с фальшивым паспортом, ее заглавие не отвечает содержанию – в ней нет данных ни о достижениях, ни о перспективах развития советского растениеводства, это только специально состряпанный пасквиль на Вавилова.

Так, подтасовкой является утверждение о том, что Вавилов неправильно выбирал "сорта" – Вавилов ввозил преимущественно не готовые сорта, а новые формы, которые могут послужить материалом для создания у нас новых сортов, для нас пригодных. Неверно утверждение Коля, что дикие формы нам не интересны (из диких форм взяты наши каучуконосы), с дикими формами пыреем и *Secale montarum* получают новые озимые пшеницы сверххранного колошения, дикие формы картофеля интересны своей морозостойкостью и т.д. Неправильно думает Коля, что лучше брать из-за границы готовые сорта, чем первичный материал – тамошние сорта редко пригодны для нас, и совершенно наивным является рассуждение Коля о доминирующих признаках. Но если кое-что у Коля может быть следствием простого непонимания, то заведомой ложью и нелепостью являются такие его утверждения, будто вся практическая селекционная работа ВИРа основывалась на системе гомологических рядов, – Коля был сотрудником ВИРа и, конечно, хорошо знает, что это не так, но он нарочно фальсифицирует Вавилова, чтобы дискредитировать его в глазах людей, незнакомых с фактическим положением дела*. Также ложно утверждение, будто Вавилов предлагает селекционерам ждать

предварительно всестороннего морфологического изучения всего мирового растительного фонда, прежде чем приступить к выведению сортов – это только "ловкость рук" при перетасовывании цитат из Вавилова; на лжи основано также стремление уменьшить значение мировой коллекции сортов, собранной Вавиловым, которой на деле пользуются все без исключения селекционные учреждения Союза и в этом многообразии находят материал для синтезирования новых сортов и для улучшения качества местных форм". Достаточно просмотреть сухой перечень в очерке А.Б. Александрова "ВИР на новом этапе" ("Селекция и семеноводство". 1936. №11), чтобы убедиться в широкой практической селекционной работе, развернутой ВИРОм за последние годы. И наконец, верхом лживости и гнусности является утверждение, будто Вавилов не хотел привозить полезных для нас форм, если они не были интересны для заполнения таблицы гомологических рядов! Нужно было окончательно потерять голову от злобы, чтобы так пересолить в клевете и тем невольно раскрыть свои карты. Авторы, подобные Колю и К°, не в состоянии понять разницы между деловой критикой**, спокойным анализом доводов, из которых проистекает прогресс, и клеветничеством, фальсификацией чужих мыслей и бессодержательно бранных выражений, употребление которых только доказывает, что деловых аргументов эти "критики" привести не в состоянии.

К сожалению, деланием карьеры на оклеветании других занимается у нас не один Коля, но данный случай является особо выдающимся по наглости, рассчитанной на то, что масса неспециалистов не станет проверять утверждений Коля и примет многое на веру...

Вина Коля усугубляется тем, что здесь имеет место не только попытка дискредитировать определенное лицо, но попытка, опорочивающая деятельность целого исследовательского института ВАСХНИЛа, и подвергается поношению советская наука в лице лучших ее представителей.

Я знаю Вавилова со студенческих лет, знаю Западную Европу, и я могу сказать, что равного Вавилову по эрудиции, по энергии, по сумме им сделанного я не знаю в Европе, и желать от отдельного лица чего-то большего – значит предъявлять требования сверхчеловеческие, значит – желать чудес!

На основании вышеизложенного я считаю правильным: 1. Объявить выговор редакции журнала "Соц. реконструкция" за напечатание вздорной и лживой статьи, порочащей советскую науку в лице ее выдающегося представителя и дискредитирующей один из виднейших исследовательских институтов ВАСХНИЛа (а следовательно – и самую Академию). 2. Не оставлять без должного наказания автора этой статьи, дабы впредь другим было бы неповадно прибегать к таким неблагоприятным методам делания карьеры. Необходимо оградить наших научных работников от напрасной траты нервной энергии для борьбы с ложными и невежественными обвинениями, мешающими спокойной работе***.

Академик Д.Н. Прянишников.

*На деле практическая селекционная работа ВИРа основывалась на отборе из массы материалов лучших форм по продуктивности и на скрещивании в целях получения новых полезных форм; а теория гомологических рядов внесла только ясность в запутанный вопрос классификации мелких составных частей вида, она находит все новые подтверждения (так, недавно найдена ползучая форма красного клевера), и положения ее настолько просты, что она перестала быть новой, стала чем-то само собою разумеющимся, и Колю, чтобы очернить Вавилова, приходится приписывать последнему попытку всю селекционную методику основывать только на законе гомологических рядов, чего Вавилов никогда не делал. (Примеч. Д.Н. Прянишникова).

** На непогрешимость претендовать, конечно, никто не может (хотя некоторые критики Вавилова и грешат этим), так как известно, что не ошибается только тот, кто ничего не делает. (Примеч. Д.Н. Прянишникова).

*** Ведь хорошо, что у Н.И. Вавилова крепкие нервы, и он может пренебрегать деятельностью Коля и К°, но, однако, и ему эта травля не помогает поддерживать трудовую дисциплину в ВИРе, а другого человека с более уставшими нервами подобные подвиги разных донов Базилио могут и совсем выбить из рабочей колеи. (Примеч. Д.Н. Прянишникова) [20].

Все эти законные и разумные требования не были приняты во внимание, и ничего не было сделано для того, чтобы прекратить травлю Н.И. Вавилова. Более того, она усилилась и закончилась в конечном итоге арестом и гибелью выдающегося ученого.

Д.Н. Прянишников пытался отменить несправедливый приговор, не соответствующий ни государственным намерениям построения государства, ни объективному смыслу происходящего в стране... Он знал истинную ценность Н.И. Вавилова. Протест Д.Н. Прянишникова против трагедии и непонимания чиновников, или даже злобного их недопонимания – очевиден. Все действия чиновников и системы, судя по его письмам, оцениваются им как прямое выражение философии абсурда. Представители власти действуют совершенно нестерпимо в огромной по масштабу стране.

Больше того, Д.Н. Прянишников на своеобразной этической и государственной лестнице ставил тех, кого защищал, выше тех чистеньких, бюрократических и беспочвенных чиновников, которые глядели на мир мертвыми, уныло-преданными власти глазами. У них нет «ошибок» только потому, что они сами – огромная непрерывная ошибка этой системы, со всеми вытекающими отсюда последствиями...

После ареста Н.И. Вавилова Д.Н. Прянишников представлял его к награждению Сталинской премией, выдвигал его кандидатуру на выборы в Верховный Совет СССР. Д.Н. Прянишников – это беспрецедентный случай в советской истории, но и это не помогло...

Государственная деятельность Д.Н. Прянишникова состояла в том, чтобы, не покладая рук, поддерживать этот крестьянский строй – вплоть до деталей, мимо которых проходит большинство. Например, дочь Дмитрия Николаевича, Зоя Дмитриевна, рассказывала: «...после получения Сталинской премии к нам в семью пришло письмо. Писал старик из заброшенной заволжской деревни, сообщал, что живет с малолетней внучкой, помощи никакой, просил тысячу рублей на корову. Дмитрий Николаевич распорядился выслать. Через два месяца получаем второе послание из Заволжья. Старик писал, что корову купил, приглашал на лето отдохнуть, поудить рыбу, попить парного молока. В конце письма была приписка приблизительно такого содержания: когда прочитал газеты, где был список лауреатов Сталинской премии, понимая, что вскоре вместе с внучкой помрет с голоду, послал всем письма с просьбой помочь. «Откликнулись только Вы, Дмитрий Николаевич, век Вас будем помнить. Приезжайте, ради Бога...».

Как можно молчать, если новый советский человек уже накладывает на себя парадные ограничения, попадает в недра механизма торможения, застоя? Если новые люди «спеваются» под давлением догматических установок, собственных странных, почти суеверных представлений о равенстве и счастье, о семье и браке, о месте искусства и красоты? А сообщество, которое мыслится ими как пункт разрешения и «погашения» многих острейших гуманистических тяжб с историей, с прошлым, вдруг становится точкой возникновения новых тревог, нового «ущерба», новых опасностей...

Необходимы были большое мужество и внутренняя и внешняя свобода и смелость, чтобы в те годы добиваться (часто безуспешно, но с опасностью для своей жизни) пересмотра дел А.Г. Дояренко, С.С. Геркена, Н.И. Вавилова и многих других. Прянишников остро осознавал рост сферы начальствования, заседателей, кабинетных громовержцев всех видов. Была реальной опасность омертвления, застоя, торможения: чиновничье непонимание и их прожекты грозили разрушить государство. В стране при такой административной опеке постепенно развивается безынициативность, пассивность, бессмысленный страх перед казенной бумагой, резолюцией, перед «водотолчеей учреждений», своеобразное отчуждение друг от друга...

В личном фонде академика Д.Н. Прянишникова сохранились его письма Председателю ЦИК СССР М.И. Калинину по поводу ареста его ученика С.С. Геркена:

Председателю ЦИК Союза тов. Калинину
Многоуважаемый Михаил Иванович!

В свое время Вы при личной беседе спрашивали меня, что тормозит развитие научно-исследовательских работ в Союзе в области агрохимии, а также чем замедляется внедрение науки в широкую практику социалистического земледелия.

Одним из основных тормозов, на мой взгляд, является отсутствие кадров, владеющих всей суммой необходимой методики научно-исследовательского мышления, а также могущих ставить на разрешение проблемы применительно к крупному социалистическому земледелию. Среди моих учеников, выпущенных на агрономическую и научно-исследовательскую работу за 45 лет моей преподавательской деятельности, особенно выдавался своими знаниями и умением претворять достижения науки в практику С.С. Геркен.

Агроном С.С. Геркен после окончания с.-х. института в 1913 г. в течение 8 лет заведовал Волоколамским льняным опытным полем, затем в течение 7 лет состоял заведующим отделом полеводства Московской областной опытной станции, в 1927 и 1928 гг. работал в научном институте удобрений и в 1929 г. был выбран деканом сельскохозяйственного факультета Нижегородского университета.

Год тому назад в ноябре месяце 1930 года С.С. Геркен был арестован в Нижнем и в настоящее время коллегией ОГПУ осужден к 5 годам концентрационного лагеря и находится в Акмолинском районе.

Еще будучи студентом, С.С. Геркен проявил недюжинные способности как исследователь, работал у меня в лаборатории и сдал по кафедре изучения удобрений дипломную работу. Во время своей 15-летней работы первоначально в качестве директора Волоколамского опытного поля, а затем заведующего отделом полеводства С.С. Геркен проявил особую способность ставить на разрешение сложнейшие вопросы и разрешать их простейшими и доступными методами. С именем С.С. Геркена связана вся методика полевого опыта льняного дела.

Я не знаю виновности и преступления С.С. Геркена. Я предполагаю возможность наличия здесь ошибки или оговора кем-либо из действительных преступников против Советской власти.

Очень прошу Вас, Михаил Иванович, распорядиться пересмотреть дело С.С. Геркена, ибо мне хорошо известна его исключительная преданность строительству дела социализма в нашей стране, его кипучая энергия и исключительные способности, которые должны быть особенно использованы в наши дни, когда волей правительства и партии как вопросам химизации, так и скорейшему развитию льноводства придается законное и исключительное значение. В этих вопросах С.С. Геркен располагает солидным багажом и безусловно мог бы принести посильную помощь.

Я прошу Вас пересмотреть постановление коллегии ОГПУ и считаю, что С.С. Геркен должен быть использован при развертывании работ только что организованного Научно-исследовательского института по удобрениям в составе Всесоюзной сельскохозяйственной Академии имени Ленина.

Если возможно, прошу сообщить мне, что Вы найдете возможно сделать в отношении судьбы С.С. Геркена и признаете ли возможным пересмотреть его современное положение.

Академик Прянишников [21].

Д.Н. Прянишников был одним из первых, кто начал кампанию развенчивания политического культа дуэта Лысенко – Презент. Дуэт – отражение успешного политического заказа Сталина на академика, и ученых из народа. Они организаторы и проводники сталинского заказа, пролетарской науки в стране. К чему это привело, мы теперь хорошо знаем. Много сил у ДН. Прянишникова уходило и на возражения против ошибочных концепций, выдвигаемых Т.Д. Лысенко. По большому счету, это было первое выступление против сталинщины в науке.

В 30-е годы XX века физически были уничтожены оппоненты В.Р. Вильямса. В первую очередь были арестованы те, кто был оппонентом Вильямсу в Петровской Академии... Победители – Лысенко, Вильямс и примкнувшие к ним торжествовали. Погиб в тюрьме ученик Д.Н. Прянишникова – гений Н.И. Вавилов – «...гражданина мира». И это притом, что Д.Н. Прянишников знал, чем это кончиться. Как и многие другие, он знал о миллионах расстрелянных и погибших в лагерях, вездесущую фальшь, бездарность. Власть, как и многие жившие в стране, были холодна к «врагам народа».

Д.Н. Прянишников предвидел, что будет с генетикой и биологической наукой в стране. Что будет со страной. Он боролся. Например, беспрецедентное письмо Д.Н. Прянишникова,

адресованного Наркому земледелия, секретарю ЦК ВКП(б) А.А. Андрееву о Т.Д. Лысенко с характеристикой деятельности Лысенко как президента этой академии. Аналога в истории советской науки нет. Он не мог молчать, когда видел, в каком тупике оказалась ВАСХНИЛ под руководством ее президента Лысенко. Наука в стране останавливалась не только в ВАСХНИЛ, но и АН СССР. Советская наука отставала в своем развитии, как от требований жизни, так и от мирового уровня [21].

"Глубокоуважаемый Андрей Андреевич!

Позвольте мне в дополнение к той личной беседе о делах ВАСХНИЛ и ее руководителя, которая имели место несколько месяцев тому назад, сообщить Вам содержание моей записки, поданной в Президиум Академии наук относительно состояния вопроса по генетике, а здесь добавить несколько слов о деятельности Т.Д. Лысенко как президента Ленинской Академии. Собственно говоря, Академия не существует, а есть некоторый "департамент препон" (щедринское выражение), который тормозит движение вперед по всем с.-х. наукам: с.-х. опытное дело пошло назад, особенно резкая деградация замечается в методике полевого опыта (чему подает пример сам Т.Д. Лысенко). Во главе этого "департамент препон" стоит командир, типа ротного командира "доброго" старого времени, не терпящий расхождения с ним во мнении по всем наукам. При невероятном отсутствии образования в области основного естествознания, сам он совершенно не осознает этого и вместо того, чтобы учиться, он наклонен только поучать других, воображая, что президент должен сам руководить работами по всем наукам. Всякая инициатива подавлена и даже из вице-президентов ни один, имеющий самостоятельное мнение по своей специальности, не мог с ним ужиться. Поэтому я считаю всякий разговор с ним напрасной тратой сил. Единственный выход – смена руководства путем введения выборного начала. Но, конечно, было бы неправильно, если бы теперешний ограниченный состав (не говоря уже о качественном уровне некоторых академиков, назначенных Черновым и Яковлевым) стал бы выбирать из своей среды президента на 3 года. Я думаю, что этот состав мог бы выбрать только временного и.о. президента (или первого вице-президента) на один год, с тем, чтобы этот последний, во-первых, дал возможность академикам высказаться и работать, как они находят нужным, а во-вторых, провел бы дополнительные выборы академиков, и только после этого Академия произвела бы выборы президента на 3 года. Также и директора институтов должны выбираться на твердый срок (2 или 3 года). Я очень извиняюсь, что в качестве "восьмидесятилетника" (восьмидесятилетником я являюсь вдвойне, во-первых, как студент 80-х годов, а во-вторых – по возрасту), я должен беречь свои силы и не тратить их на борьбу с ветряными мельницами, почему я позволил себе не отрываться от работы, ради которой сел на 2 недели в Узкое.

С искренним уважением, академик Д. Прянишников. Узкое-Москва, 5.01.1945».

(*Это объясняется тем, что Т.Д.Лысенко не прошел нормального курса высшей школы, он сдавал экзамены в качестве заочника в конце 20-х годов, когда допускались всякие поблажки (см. его биографию в с.-х. энциклопедии). Поэтому ему следовало бы, прежде всего, пройти физику, химию и ботанику, хотя бы в объеме, отвечающем первому курсу СХА. (Примеч. Д.Н. Прянишникова) [21]).

На это письмо выдающего ученого Российской и Советской науки реакции, естественно не последовало. Лысенко был "непотопляемый" – политический проект Сталина на то время был непотопляем, не подсуден, и не обсуждаем. И. Сталин доверял Лысенко. Сталину были близки погруженные в ламаркизм воззрения Лысенко, стиль работы и поведения "народного академика". Лысенко умело манипулировал Сталиным, как потом и Хрущевым. Лысенко афишировал свои "производственные" опыты на миллионах гектарах, связи с колхозами и совхозами, рассыпал нереальные обещания. Что Лысенко не соответствовал занимаемому месту, знали и понимали многие и не только ученые. Готовилась августовская сессия... Учение о травопольной системе В.Р. Вильямса противостояло концепции Д.Н. Прянишникова: «Один был добрым гением (им являлся Д.Н. Прянишников), другой –

злым духом отечественного земледелия [6]. Это было не только столкновение учений, а драма характеров при определенных обстоятельствах в стране.

В Д.Н. Прянишникове сочетались ученость и высокая гражданственность. Вся его многогранная научная, педагогическая и гражданская деятельность, кроме фундаментальных основ природопользования, была направлена на развитие земледелия нашей страны и подъем благосостояния населения путем решения первоочередных народнохозяйственных проблем – уменьшение опасности голода и внедрения достижений агрохимической науки в производство.

Россия всегда была фабрикой производства блистательных идей, в том числе, изучения передовых агрохимических приемов. Потому Д.Н. Прянишников как выдающийся представитель российского менталитета отчетливо видит чужеродную тенденцию бюрократизации общества как новую социальную болезнь, опасный, уже почти биологический признак целой самостоятельной породы людей. Он видит опасность возникновения «человеческого разрыва», когда волонтеры всех мастей начинают двигать жизненный процесс «на тяговых усилиях аппаратов и учреждений». Он писал: «...Производство начальства, «руксостава» катастрофически опережает – увы, это почти оправдалось! – производство конечного продукта! Дай волю избаловавшимся мастерам командно-приказного стиля, и они так разграфят, расчертят «линиями», предписаниями всю жизнь, что, «линии, чего доброго, совпадут, лягут одна на другую, и получится сплошная тьма чернильная, в которой не разберешь, кто кем руководит, кто умнейший актив и кто отсталая масса...». Эти образы рождал ум замечательного гуманиста, предвидевшего многие «перегибы», анонимную, безликую, унылую жестокость бюрократизма.

Научная деятельность Д.Н. Прянишникова началась в 1889 году. На воронежском черноземе он провел первые свои опыты по изучению действия минеральных удобрений на урожай и качество сахарной свеклы. Результаты этих опытов были опубликованы в статье «Опыты с минеральными удобрениями под сахарную свекловицу» в «Известиях академии» в 1889 году, было показано, что удобрения удвоили урожай свеклы и сбор сахара. Эти исследования продолжались до конца жизни (1948 г.). Последняя статья Д.Н. Прянишникова «Поднимем плодородие почвы» звучит как завет, вся его жизнь была посвящена этому. Проблема и сейчас остается центральной во все еще затянувшейся перестройке аграрного сектора страны. Исследования Д.Н. Прянишникова отличались оригинальностью в поисках путей разрешения вопросов, поставленных всегда четко и ясно, несли новую информацию, важную в теоретическом и практическом аспектах. Экспериментально его исследования были обставлены прекрасно и часто неожиданно. Прянишников считал принципиальным, и пронес это убеждение через всю жизнь, что только чистый, тщательно подготовленный эксперимент дает возможность получить точные ответы на поставленные природе вопросы. Характерной чертой его исследований было умение разрешать трудные вопросы в лабораторных и полевых экспериментах чрезвычайно простыми средствами при минимальных затратах.

Канва и логика жизни Д.Н. Прянишникова проста. Тесное взаимопроникающее влияние образования, науки и практики в его деятельности, непрерывная борьба за прогресс. Его слова, его указания не проходили незамеченными для специалистов. Отдавая лаборатории все свое время, Дмитрий Николаевич и своих учеников и последователей своих научил не считать часов в лабораторной работе. Созданные им первоклассные руководства, переведенные на несколько языков, многочисленные опыты, блестящие статьи, многообразные темы сельскохозяйственных исследований, создавали общий фундамент новой агрономии. Им внедрены торфяные компосты и бисульфат, кислотные отбросы и нефелиновая порода, и множество других практических тем [2, 8]. Для всех этих тем находилась свежая мысль Дмитрия Николаевича. В нормальном сельском хозяйстве «академическое» отделено от «практического» весьма условной, иногда вымышленной придуманной гранью. В работе и деятельности Д.Н. Прянишникова доказательства условности этого деления хорошо видны.

Д.Н. Прянишников обладал удивительной способностью чувствовать, исследовать и решать именно те вопросы, которые были наиболее своевременны для развития народного хозяйства, и доводить результаты их решений до четких практических рекомендаций.

Утрата почвами плодородия была особенно актуальной для Д.Н. Прянишникова, он нашел закономерности, по которым живет почва. Д.Н. Прянишников полагал, что, если человек признает своеобразие почвы, на которой живет, понимает её, то любая почва будет плодоносить и даже копить плодородие. Он ясно понимал, что от состояния живого тела почвы прямо зависело будущее России. Известны конкретные примеры, связанные с этим, например, производство и применение минеральных удобрений обеспечило в 20-е и 30-е годы XX века удвоение урожаев сахарной свеклы и хлопчатника. В 1924 году в статье «Нужды сельского хозяйства и задачи нашей обороны» он писал о тесной связи химизации земледелия и обороноспособности страны: «Те же самые отрасли химической промышленности, развитие которых необходимо для дела обороны, обслуживают земледелие в его созидательной творческой работе, доставляя пищу культивируемым растениям в виде минеральных удобрений». Но его не послушали, в результате во время ВОВ порох в страну завозили. Основным противником Вильямс. В 1924 году Дмитрий Николаевич выступил в Госплане СССР с докладом о химизации земледелия с широким планом применения удобрений. Интересны его прогнозы. Так, в своем выступлении на тему «Мальтус и Россия» (8 марта 1925 г.), он, на основе анализа экспериментальных и статистических данных, заявил о том, что «на 150 лет вперед Россия может не думать о недостатке средств продовольствия, если она даже будет удваивать население через каждые 50 лет». В 1928 г. Дмитрий Николаевич писал: «Экономическое регулирование со стороны государства развития химизации земледелия крайне важно и является гарантом ее эффективности... сейчас важнее всего – это мероприятия Госплана в области экономической политики. Препятствием к химизации земледелия у нас являлись не только высокие цены на удобрения, но и низкие цены на хлеб, причем мы разумею то, что получает крестьянин на месте. При этих условиях интенсификация хозяйства была немыслима. Мы должны так строить систему налогового обложения, чтобы поощрять производство крестьянами максимума ценностей... Если все это достигнуто путем общего поворота лицом к деревне на все 180 градусов... Хлеб, получаемый с помощью селитры и аммиачных солей, дешевым не бывает». В 1927 году вопрос о химизации земледелия был вновь поставлен перед правительством в докладе Высшего Совета Народного хозяйства. В основу доклада были положены результаты Географической сети опытов с минеральными удобрениями, проведенные НИУ в 1926-1930 гг. Эта работа по своим масштабам, единству плана и значению полученных результатов является до настоящего времени единственной в мире. Этими опытами было убедительно показано, что во всех основных почвенных типах страны удобрения являются мощным фактором подъема урожаев сельскохозяйственных культур.

Д.Н. Прянишников принял активное участие в работе Госплана, Комитета по химизации народного хозяйства и в других государственных органов и общественных организаций. Возросшая потребность страны в агрохимических знаниях способствовала тому, что в 1928 году в Московской академии им. К.А. Тимирязева при непосредственном участии Д.Н. Прянишникова был организован факультет агрохимии и почвоведения и открыта первая среди сельскохозяйственных вузов кафедра агрономической химии (первая в СССР кафедра агрохимии была открыта в 1923 г. в Киевском политехническом институте профессором А.И. Душечкиным), которой суждено было сыграть ведущую роль в решении проблемы химизации земледелия страны. Со дня основания кафедра агрохимии стала одним из главных учебных, научных и методических центров СССР в области агрохимии, крупнейшим центром распространения агрохимических знаний. Немало усилий приложил Дмитрий Николаевич для введения в учебные планы подготовки агрономов курса агрохимии и организации подготовки агрохимиков в нашей стране. При содействии Комитета по химизации народного хозяйства СССР в 1928 г. в сельскохозяйственных вузах были учреждены кафедры агрохимии и в учебные планы введена дисциплина агрохимия [8–11].

К моменту создания кафедры агрохимии были уже подготовлены педагогические кадры, и научная школа Д.Н. Прянишникова, выросшая в дальнейшем в мощную силу, способную развивать и отстаивать теоретические основы агрохимии, и оказывать существенное влияние на развитие химизации земледелия страны.

Важную роль в развитии химизации земледелия нашей страны сыграло образование по инициативе Я.В. Самойлова (геолог), Э.В. Брицке (технолог) и Д.Н. Прянишникова в 1919 г. при ВСНХ Научного института по удобрениям (НИУ), впоследствии НИУИФ с 1938 г. (Научный институт по удобрениям и инсектофунгицидам). В 1926 г. Агрохимический отдел НИУ активно начал работу по организации в стране географической сети полевых опытов с удобрениями. Основной целью этой сети явилось установление эффективности применения минеральных удобрений на всех основных типах почв и почвенных разностях СССР путем проведения массовых полевых опытов заложенных по единой научно обоснованной методике, гарантирующей высокую точность получаемых результатов. Эта колоссальная работа длилась в течение пяти лет (1926–1931 гг.) в невиданных до того во всем мире масштабах. Достаточно сказать, что за это время было проведено 3808 полевых опытов с удобрениями на 317 опытных станциях и опытных полях, расположенных во всех сельскохозяйственных районах Советского Союза [6–9].

Д.Н. Прянишников был также инициатором организации основных экспериментальных полевых баз агрохимического отдела НИУ – Долгопрудного опытного поля (1920 г.), впоследствии преобразованного в Долгопрудную агрохимическую опытную станцию (ДАОС), Раменской агрохимической опытной станции (РАОС) и Люберецкого опытного поля (1923 г.). Проводимые под его руководством многолетние полевые опыты по вопросам эффективности фосфоритования, известкования, сравнительного действия элементов питания навоза и минеральных удобрений, изучения различных форм азотных, фосфорных и калийных удобрений имели большое народнохозяйственное значение. По инициативе и при непосредственном участии Д.Н. Прянишникова в 1929 году был создан журнал «Удобрение и урожай», который в 1932 году получил название «Химизация социалистического земледелия», затем в 1963 году – «Химия в сельском хозяйстве», а с 1997 года – «Агрохимический вестник». Значительно возросшая потребность в агрохимических знаниях и научных экспериментальных исследованиях способствовала тому, что в 1931 г., по настоянию Дмитрия Николаевича, был организован Всесоюзный институт удобрений, агропочвоведения и агротехники (ВИУАА, ныне ВНИИА), которому была отведена ведущую роль в решении проблемы химизации земледелия страны, повышения урожайности и качества продукции растениеводства. Только в первые 3 года работы лаборатория минеральных удобрений ВНИАА, руководимая Д.Н. Прянишниковым организовала проведение свыше 13 тыс. полевых опытов с удобрениями [12].

На основании результатов проведенных обследований почв были составлены первые в стране агрохимические картограммы, выявлена зона распространения кислых почв и наиболее эффективного применения фосфоритной муки, намечены районы первоочередного известкования почв.

В результате анализа огромного экспериментального материала Географической сети опытов, Д.Н. Прянишников впервые в нашей стране составил баланс основных элементов питания в земледелии и определил потребность сельского хозяйства в отдельных видах минеральных и органических удобрений, а также в биологическом азоте. Данные географической сети опытов, руководимой Д.Н. Прянишниковым, позволили еще в довоенные годы выявить общую закономерность действия различных видов удобрения, в том числе азотных, на территории страны. Он показал, что наше сельское хозяйство нуждается, прежде всего, в азоте, затем в фосфоре и в калии, потребность наших почв в азоте и калии усиливается с юга на север, а в фосфоре – наоборот [12].

Дмитрий Николаевич писал, что рост продуктивности сельскохозяйственных культур в странах Западной Европы является следствием интенсификации земледелия. В конце XVIII столетия урожай пшеницы в Западной Европе составлял в среднем 7–8 ц/га, под влиянием плодосмена и клеверосеяния к середине XIX века увеличился вдвое (до 16–17 ц/га), а в первой половине XX века плодосмен и минеральные удобрения повысили урожайность до 25–30 ц/га [15–16].

Интересы Д.Н. Прянишникова не ограничивались лишь наукой, он был также активным государственным деятелем, гражданином в лучших традициях своей страны. Их было много. До сих пор историки не понимают, как у народа потерявшего миллионы жизней на бессмысленных фронтах Первой мировой войны, народа, вроде бы, изнемогшего в окопах настолько, что в 1917 году он толпами побежал в тыл, домой, дальше вдруг хватило

энергии и сил и на бескомпромиссную Гражданскую войну [2]. Благодаря кому и чему страна нашла силы пережить коллективизацию, голод. Откуда, несмотря на бесконечные расстрелы и лагеря, достало воли и силы, без кредитов и технологий, чтобы провести индустриализацию страны, построить тысячи фабрик, заводов, электростанций. Потом, победить нацистскую Германию и вслед за тем не просто восстановить страну, но и поставить под свой контроль добрую половину земного шара [2, 3].

У Д.Н. Прянишникова на первом месте – нужды народного хозяйства и как государственный – он способствовал его укреплению. Его широта знаний, умение выявить важный вопрос, тщательно провести исследования, осмыслить результаты и быть принципиальным в доказательствах верности и значимости своих выводов – таков был научной и жизненный стиль Дмитрия Николаевича, такие же требования он предъявлял к своим коллегам и ученикам. Выступления и лекции Д.Н. Прянишникова были лишены внешней привлекательности. Афористическое мышление – характерная черта. В одной фразе могла быть проблема. Например, известное его выражение – «химизацию земледелия надо начинать с химизации агрономов», или «недостаток агрохимических знаний нельзя заменить избытком удобрений». Это актуально и сегодня. По его мнению, «обучение в высшей школе, наряду с ознакомлением слушателей с уже известными, ранее установленными фактами и закономерностями, должно давать им современные методы исследования, чтобы студенты знали, как добываются новые факты, и по возможности сами попробовали сделать хотя бы первые шаги на этом пути». Совершенствование учебного процесса на кафедре шло с самостоятельной научной работы студентов. Дмитрий Николаевич был заинтересован, чтобы студенты занимались исследовательской работой. Он считал, что главное в науке – «спрашивать мнение самого растения». Д.Н. Прянишников воспитал и оставил многих своих великих учеников, таких как: Н.И. Вавилов, Н.М. Тулайков, В.М. Ключковский, и многие другие [8, 12].

...Последние годы

На революцию, произошедшую в стране, с самого начала было два различных взгляда. Одни смотрели с сочувствием, а другие – с ненавистью. В одном взгляде всегда – принятие доминанты силы, яркости. Время начала одного и конца другого. Все разом рухнуло. Мир вернулся к первобытным героям – в состояние дикости, варварства и удали.

Но были и третьи – соль России – интеллигенция. Большинство их – профессоров, инженеров в стране выросли в старой культуре, любили ее и ценили. Теперь, когда она была разрушена, они честно пытались понять, что придет ей на смену и, кроме того – принять, и попытаться построить будущее страны. Например, высказывания Д.Н. Прянишникова. «Если достаточно густая сеть высших школ покроет Россию, если система средней школы будет давать широкий доступ всем наиболее одаренным детям народа в школу высшую, то какое количество дремлющих сил, пропадающих напрасно дарований обнаружится в нашем отечестве?». Всем им это было очень тяжело – все принять и, тем более, строить новое. Это страна людей, которые традиционно, в силу своей истории не боятся и совсем не ценят жизнь. И надо будет уговаривать жить, а не умирать. Хотя бы попробовать жить. Жизнь этих людей – страдание и мука. Смерть – отдых и избавление. Они привычно голодны. Еду в стране заменяет человеческое тепло, лозунги и вера в будущее. Все-таки тепло они ценят.

Те «пророки», которые агитируют, убеждают эту изготавившуюся к смерти страну жить, полны веры, и за ними, в конце концов, пойдут, возможно, от бессилия и бессмыслицы. Мы же, родившиеся позже, в свою очередь знаем, что страна будет ими обманута.

...Дмитрий Николаевич пребывал во все более возрастающей тревоге... Он видел, как стучатся тучи над биологической наукой (готовится августовская сессия ВАСХНИЛ 48-го года), многие в лагерях... Уже прекращались работы в лабораториях генетиков, впали в немилость селекционеры, агрохимики. Его родная наука скатывалась на мировую обочину, нас обгоняли даже те страны, которые некогда и помыслить не могли, чтобы посоревноваться с Россией по производству блистательных идей, изучению передовых агрохимических приемов...

Долгие годы серьезными противниками Д.Н. Прянишникова были сторонники травопольной системы земледелия во главе с В. Р. Вильямсом, к этому добавился и лично

Т.Д. Лысенко. Дмитрий Николаевич никогда не избегал открытой принципиальной дискуссии, выступал аргументировано, основываясь на большом фактическом материале. Этот неравный поединок касался не только научных проблем, его следствием явились сломанные судьбы таких близких Дмитрию Николаевичу людей, как В.И. Вавилов, А.Г. Дояренко, Н.М. Тулайков, Ш.Р. Цинцадзе и многих других его сподвижников, объявленных «врагами народа» [1, 24, 25].

Для «врагов народа», расстрелянных и сидящих в лагерях, многое в пришедшей власти было свое, все задевало и трогало, заставляло страдать и вызывало восторг от самой малой удачи государства. Они долго верили власти, еще дольше пытались верить и были готовы работать и работали для нее денно и нощно, чтобы она для них стала своей. И вот в конце Дмитрий Николаевич выносит приговор власти и своей жизни, причем такой, с каким многие не сталкивались, и никогда не задумывались, наиболее страшный и антисоветский.... Дочь Зоя Дмитриевна говорила, что когда хоронили Петра Ивановича Лисицына, академика, друга – отец склонился над могилой и тихо, как будто про себя, сказал:

– Как я тебе завидую...

Финал и для себя, и для народа был безнадежен. Правды в советской власти уже не было ни на грош при всех ее достоинствах и недостатках. «Я прожил жизнь». 30 апреля 1948 года Дмитрия Николаевича Прянишникова не стало...

Похоронен на Ваганьковском кладбище....

....Время рассудило и классифицировало всех. И то, что «Прянишников был совестью науки» осталось....

С первого момента появления на горизонте сельскохозяйственной науки Т.Д. Лысенко, Д.Н. Прянишников занял по отношению к нему критическую позицию и был верен ей до конца своей жизни. Авторитет его был велик настолько, что августовскую сессию провели только после его смерти.

Post Scriptum

«Нашу интеллигенцию, и инженерную, и художественную, все меньше волнуют заботы родной земли, русского земледельца. Причин тому много. В чем-то и мы, аграрии, виноваты. Теряем способность самостоятельно мыслить! Не умеем отстаивать собственные взгляды. Готовы заимствовать немецкое, еще легче американское, применять часто неприменимые данные Калифорнии и забывать о Петровско-Разумовском....»

Д.Н. Прянишников

Слова эти актуальны до сих пор [26–37]...

Примечания:

1. Глазко В.И., Чешко В.Ф. Август – 48. Уроки прошлого (научное киллерство, к истории советской генетики, к феномену распада СССР). М.: РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2009. 441 с.
2. Глазко В.И. «Н.И. Вавилов и его время. Путь на Олимп (Хроника создания и распада СССР)». М.: Из-во «НЕФТиГАЗ», 2013. 550 с.
3. Глазко В.И. «Н.И. Вавилов и его время. Путь на Голгофу (Хроника создания и распада СССР)». М.: Из-во «НЕФТиГАЗ», 2014. 620 с.
4. Ивницкий Н.А. Репрессивная политика советской власти в деревне (1928-1933 гг.) РАН. Ин-т рос. истории, Университет г. Торонто (Канада). М., 2000. 350 с. Библиогр. в примеч. Указ. имен: с. 345–349
5. Ленин В.И. Успехи и трудности Советской власти. / Полн. собр. соч. Т. 38. С. 54.
6. Лошаков В.Г. Если имя твое тимирязевец ... М.: Изд-во ВНИИА, 2015. 492 с.
7. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. / Под ред. В.Г. Сычева. М.: Изд. ВНИИА, 2012. 512 с.
8. Минеев В.Г. История и состояние агрохимии на рубеже XXI века. Кн. первая "Развитие учения о питании растений и удобрении земель от Древнего мира до XX столетия". М.: Изд-во МГУ, 2002. 616 с.
9. Петербургский А.В. Прянишников Дмитрий Николаевич. БСЭ, изд. 3-е, т. 21. М.: 1975. 180 с.

10. Петербургский А.В. Краткий очерк жизни и деятельности академика Д.Н. Прянишникова. Агрохимия. М., 1963. С. 9–31.
11. Писаржевский О. Прянишников. М.: Мол. Гвардия, 1963 (Сер. ЖЗЛ).
12. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения в 3 томах. М.: Сельхозгиз, 1965.
13. Прянишников Д.Н. Об удобрении полей и севооборотах. М.: МСХ РСФСР, 1962. 422 с.
14. Прянишников Д.Н. Мои воспоминания. М.: Сельхозгиз, 1957.
15. Прянишников Д.Н. Статьи и научные работы. В 2-х т. Т.1. М.:1927.
16. Прянишников Д.Н. Избр. соч. Т. 4. М., 1955. С. 222.
17. Распутин В. Г. Сибирь, Сибирь...Иркутск, 2000. 204 с.
18. Сельскохозяйственная энциклопедия. М.: Изд. «Советская энциклопедия», 1974. 5-й том. С. 121–125.
19. Силин Е.П. Кяхта в XVIII веке. Иркутск, 1947
20. Соловьев Ю.И. Мужественная позиция академика Д.Н.Прянишникова //Трагические судьбы: репрессированные ученые Академии наук СССР, М.: Наука, 1995. С. 194–200.
21. Соловьев Ю.И. Мужество академика Д. Н. Прянишникова // Вестн. РАН. 1992. №9. С. 128-137
22. Тимирязев К.А. Избр. соч. Т. 1–4. М.: ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1948.
23. Шноль С. Э. Герои, злодеи, конформисты отечественной науки. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.:2010, 185 с.
24. Глазко В.И., Федорова Л. М. К 60-летию августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 года // Сельскохозяйственная биология. 2008. № 5. С. 119–124.
25. <http://megabook.ru/article/Прянишников%20Дмитрий%20Николаевич>
26. Путин В.В. Выступление на заседании генеральной Ассамблеи ООН. 28 сентября 2015 г. <http://www.1tv.ru/news/polit/293099>
27. Green Economy. United Nation Environment Programme. <http://www.unep.org/greeneconomy/>
28. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Торопова Е.Ю. Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты // Агрохимия. 2015. № 8. С. 81–94.
29. Семенов А.М., Соколов М.С. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев оценки // Агрохимия. 2016. № 1. С. 3–16.
30. Glazko Valery I. The Science and the Management Society in the 21st Century // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (1). № 1. pp 20–29. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.20
31. Ivanitskaya Lidia V, Sokolov Mikhail S., Glazko Valery I. No-alternative and the Factors of Social and Environmental Co-evolution of the Biosphere into the Noosphere (the Development of the Biosphere Ideas of Vernadsky) // Biogeosystem Technique. 2015. Vol. (3). Is. 1. pp 29–49. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.29
32. Котляков В.М., Тишков А.А., Ключев Н.Н., Бородина Т.Л., Глезер О.Б., Мохов И.И., Хон В.Ч., Чернокульский А.В., Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А., Титкова Т.Б., Виноградова В.В., Михайлов А.Ю., Румянцев В.А., Коронкевич Н.И., Птичников А.В., Воропаев А.И., Булгакова В.А., Мокрушина Л.С., Вайсфельд М.А. и др. Стратегические ресурсы и условия устойчивого развития Российской Федерации и ее регионов / Краткие итоги реализации Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН №13. «Географические основы устойчивого развития Российской Федерации и ее регионов» в 2012–2014 гг. / Под редакцией академика В.М. Котлякова и профессора А.А. Тишкова. М.: Институт географии РАН. 2014. 166 с. ISBN 978-5-89658-042-3. <http://www.twirpx.com/file/1657006/>
33. Калинин В.П., Ляхов В.П., Юсупов В.У., Халилов Р.Р. Биоекосистемотехника как новая основа синтеза идеи и атрибутов национальной безопасности в 21 веке // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2015. №3. С. 144–149.
34. Калинин В.П., Батукаев А.А., Минкина Т.М., Зинченко В.Е., Зармаев А.А., Магомадов А.С., Дикаев З.С. Биоекосистемотехника как путь преодоления конфликта биосферы и аграрного техногенеза // Международная научно-практическая конференция

«Биотехнология и качество жизни» 18-20 марта 2014 г. Московский международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития». www.mosbiotechworld.ru Москва. 2014. С. 318-319.

35. Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zarmaev A.A., Minkina T.M., Starcev V.F., Dikaev Z.S., Magomadov A.S., Jusupov V.U. Biogeosystem technique as a contribution to global food sustainability // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC International Congress Of Persticide Chemistry. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10–14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 37.

36. Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Chernenko V.V., Startsev V.F., Bakoev S.U., Dikaev Z.S. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16, EGU General Assembly. Vienna, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015

37. Loshakov Vladimir G. The Value of Scientific and Agronomic Heritage of D.N. Pryanishnikov in the Development of Agriculture in Russia // Biogeosystem Technique. 2015. Vol. (5). Is. 3. pp 212–231. DOI: 10.13187/bgt.2015.5.212

References:

1. Glazko V.I., Cheshko V. F. August – 48. The lessons of the past. (scientific killersthe, to the history of Soviet genetics, to the phenomenon of the collapse of the USSR). – Moscow: RGAU–MAA named after K.A. Timiryazev, 2009. 441 p.
2. Glazko V.I. N. I. Vavilov and his time. The way to Olympus (Chronicle of the creation and collapse of the USSR). M.: "Neftegaz", 2013. 550 p.
3. Glazko V. I. N.I. Vavilov and his time. The way to Calvary (Chronicle of the creation and collapse of the USSR). M.: "Neftegaz", 2014. 620 p.
4. Ivnititskiy N.A. Repressive policy of Soviet power in the country side (1928 to 1933) RAN. Inst of Russian history, University of Toronto (Canada). M., 2000. 350 p. Bibliogr. in the note. The list of names: pp 345-349.
5. Lenin V.I. Successes and difficulties of Soviet power". Full. Complect of Works. V. 38. pp. 54.
6. Loshakov V.G. If your name is timiryazevets ... M.: VNIIA, 2015. 492 p.
7. Loshakov V.G. Crop rotation and soil fertility / Ed. VG Sychev. M.: VNIIA, 2012. 512 p.
8. Mineev V.G. History and status of agricultural chemistry at the turn of the twenty-first century. Book first - "Development of the doctrine of plant nutrition and fertilizer of the lands from the Ancient world to the XX century". M.: MSU Publishing house, 2002. 616 p.
9. Peterburgsky A.V. Pryanishnikov Dmitry Nicolaevitch. The great Soviet encyclopedia, ed. 3ed, V. 21. Moscow: 1975, p. 180.
10. Peterburgsky A.V. Brief sketch of the life and work of academician D. N. Pryanishnikov. Agrochemistry. M., 1963. pp 9-31.
11. Pisarzhevsky O. Pryanishnikov. Issue 14(370). - M.: Mol. Guard, 1963 (Ser. ZSL). 240 p.
12. Pryanishnikov D.N. Selected works in 3 volumes. M.: Selkhozgiz 1965. 736 p.
13. Pryanishnikov D.N. On fertilizing of fields and crop rotation. M.: Ministry of Agriculture of the RSFSR, 1962. 422 p.
14. Pryanishnikov D.N. My memories. M.: Publishing House of Agriculture, 1957. 336 p.
15. Pryanishnikov D.N. Articles and scientific papers. In 2 Volumes. V. 1. M., 1927. 347 p.
16. Pryanishnikov D.N. Selected writings Vol. 4. M., 1955. 222 p.
17. Rasputin V.G. Siberia, Siberia... Irkutsk, 2000 256 p.
18. Agricultural encyclopedia. M.: Izd. "Soviet encyclopedia", 1974. The 5th volume. pp 121–125.
19. Silin E. P. Kyakhta in the XVIII century. Irkutsk, 1947. 204 p.
20. Soloviev Y. I. Courageous stand of academician D. N. Pryanishnikov // Tragic fates: repressed scientists of the Academy of Sciences of the USSR. Moscow: Nauka, 1995. pp 194–200.
21. Soloviev Y. I. The courage of the academician D. N. Pryanishnikov, Vestnik of. Russian Academy of Sciences. 1992. No. 9. pp 128–137.
22. Timiryazev KA. Selected works, vols. 1-4. M.: OGIZ-Selkhozgiz, 1948.

23. Shnol S.E. Heroes, villains, conformists of the native science. Ed. 3ed, revised and supplementary. M., 2010. 185 p.
24. Glazko, V. I., Fedorova, L. M. For 60th anniversary of the August session of VASKHNIL 1948 // Agricultural biology. Series: Biology of plants. 2008. No. 5. Pp. 119–124.
25. <http://megabook.ru/article/Прянишников%20Дмитрий%20Николаевич>
26. Putin V.V. Speech at the UN General Assembly, September 2015. <http://www.1tv.ru/news/polit/293099>
27. Green Economy. United Nation Environment Programme. <http://www.unep.org/greeneconomy/>
28. Sokolov M. S., Glinushkin P. A., Toropova E. Yu. Environment-forming functions of a healthy soil - phyto-sanitary and social aspects // Agrochemistry. 2015. No. 8. Pp. 81–94.
29. Semenov A. M., Sokolov M. S. Concept of soil health: fundamental and applied aspects of the justification of the evaluation criteria // Agrochemistry. 2016. No. 1. Pp. 3–16.
30. Glazko Valery I. The Science and the Management Society in the 21st Century // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (1). № 1. pp 20–29. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.20
31. Ivanitskaya Lidia V, Sokolov Mikhail S., Glazko Valery I. No-alternative and the Factors of Social and Environmental Co-evolution of the Biosphere into the Noosphere (the Development of the Biosphere Ideas of Vernadsky) // Biogeosystem Technique. 2015. Vol. (3). Is. 1. Pp. 29–49. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.29
32. Kotlyakov V. M., Tishkov A. A., Kluyev N. N., Borodina T. L., Glezer O. B., Mokhov I. I., Khon V. C., Chernokulsky A. V., Zolotokrylin A. N., Cherenkova E. A., Titkova T. B., Vinogradova V.V., Mikhailov A. Yu., Rumyantsev V. A., Koronkevich N. I., Ptichnikov A.V., Voropaev A.I., Bulgakova V. A., Mokrushina L. S., Vaysfeld M. A. and others. Strategic resources and conditions of sustainable development of the Russian Federation and its regions / Summary of implementation of the Program of fundamental research of RAS Department of Earth Sciences No. 13. "Geographical bases of sustainable development of the Russian Federation and its regions" in 2012–2014 years / Under the editorship of academician V. M. Kotlyakov and Professor A.A. Tishkov. - M.: Institute of geography of RAS. 2014. 166 p. ISBN 978-5-89658-042-3. <http://www.twirpx.com/file/1657006/>
33. Kalinichenko V. P., Lyakhov V. P., Yusupov V. Y., Khalilov R. R. Biogeosystem technique as a new basis for synthesis of ideas and attributes of national security in the 21st century // State and municipal management. Proceedings of the scientific notes SKAGS. 2015. No. 3. Pp. 144–149.
34. Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Minkina T.M., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Dikaev Z.S. Biogeosystem technic as a way to overcome the Conflict between Biosphere and Agricultural Technogenesis // International Scientific and Practical Conference "Iotechnology and quality of life" 18–20 March 2014 Moscow International Congress "Biotechnology: state and prospects of development". www.mosbiotechworld.ru Москва. 2014. Pp. 319–320.
35. Kalinitchenko V.P. Biogeosystem technique as a contribution to global food sustainability / Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zarmaev A.A., Minkina T.M., Starcev V.F., Dikaev Z.S., Magomadov A.S., Jusupov V.U. // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC International Congress Of Pesticide Chemistry. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10-14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. P. 37.
36. Kalinitchenko V.P., Batukaev A.A., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Chernenko V.V., Startsev V.F., Bakoev S.U., Dikaev Z.S. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities // Geophysical Research Abstracts. Vol. 16. EGU General Assembly. Vienna, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015
37. Loshakov Vladimir G. The Value of Scientific and Agronomic Heritage of D.N. Pryanishnikov in the Development of Agriculture in Russia // Biogeosystem Technique. 2015. Vol.(5). Is. 3. Pp. 212-231. DOI: 10.13187/bgt.2015.5.212

УДК 631.4; 631.8

**Дмитрий Николаевич Прянишников, российский ученый –
традиции, проблемы...**

Валерий Иванович Глазко

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева,
Российская Федерация
127550 Москва, Тимирязевская ул., 49
Центр экспериментальной эмбриологии и репродуктивных биотехнологий, Российская
Федерация
главный научный сотрудник, д.с.-х.н., академик РАН (иностраный член), профессор
Москва, 127422, ул. Костякова, д. 12 стр. 4
E-mail: vigvalery@gmail.com

Аннотация. В статье освещается масштаб личности Д.Н. Прянишникова как яркого представителя плеяды основоположников лучших традиций Петровской академии и агрономической науки. Показана его выдающаяся роль как гражданина России, преемника, носителя и творца нравственно-философской позиции русского ученого идти до конца в борьбе за научную истину – благородное чувство гражданского долга перед родной страной, произрастающего из менталитета российского этноса. Могучие корни русского духа позволили Д.Н. Прянишникову внести выдающийся вклад мирового уровня в развитие научной агрономии в нашей стране, теорию и практику агрохимии, земледелия и растениеводства. Приводятся этапы и результаты многолетних исследований ученых. Благодаря работам Д.Н. Прянишникова достижения агрохимии в России получили мировое признание и приоритет в разрешении многих проблем: азотного, фосфатного и калийного питания растений, применения азотных, фосфорных и калийных удобрений, известкования почв, применения зеленого и других местных удобрений. Показан вклад отечественной агрохимической научной школы Д.Н. Прянишникова в развитие идей и направлений агрохимии, основ физиологии питания растений, а также производства и применения удобрений в нашей стране. Д.Н. Прянишников «был совестью науки». Рассмотрено публичное противостояние Д.Н. Прянишникова Т.Д. Лысенко, который как президент ВАСХНИЛ превратил академию в "департамент препон" развитию науки и техники в стране. Он имел большое мужество, свободолюбие и смелость добиваться с опасностью для своей жизни пересмотра дел А.Г. Дояренко, С.С. Геркена, Н.И. Вавилова и многих других выдающихся деятелей науки России.

Ключевые слова: Д.Н. Прянишников, личность, агрохимия, агрономия, частное и общее земледелие, плодородие почвы, урожай.

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
International Journal of Environmental Problems
Has been issued since 2015.

ISSN: 2410-9339

E-ISSN: 2413-7561

Vol. 2, Is. 2, pp. 117-135, 2015

DOI: 10.13187/ijep.2015.2.117

www.ejournal33.com



UDC 631.41

Influence of Hydrogels on Productivity of Light-brown Soils

¹Alla A. Okolelova

²Nadezda A. Rachimova

³Galina S. Egorova

⁴Nadezda G. Kasterina

⁵Veronika N. Zaikina

¹Volgograd State Technical University, Russian Federation

400005, Volgograd, Lenin Av., 28

Dr of Sciences (Biol), Professor

E-mail: allaokol@mail.ru

²Volgograd State Technical University, Russian Federation

Dr of Sciences (Chem), Professor

E-mail: haialliss@mail.ru

³Volgograd State Agrarian University, Russian Federation

Dr of Sciences (Agric), Professor

E-mail: agro@volgau.com

⁴Volzhsky Polytechnical Institute – Branch of Volgograd State Technical University, Russian Federation

PhD (Biol)

E-mail: kokorinang@yandex.ru

⁵Volgograd State Technical University, Russian Federation

Postgraduate

E-mail: veronikazaikina@mail.ru

Abstract

One of the directions of optimization of water strategy and increase of efficiency, quality and stability of soils is use of hydrogel for regulation of water-streams in the soil.

Hydrogel makes sorption of the water which is in the soil in a condition of the thermodynamic potential close to zero. It allows to reduce loss of water from the soil by physical evaporation and an excess transpiration of plants as right after moistening the potential of water decreases at the expense of the gel incorporating gravitational and partially capillary water. After moistening, water from hydrogel gradually comes to the soil. The water expenditure plants occurs economically by stomatal regulation of transpiration. Therefore the coefficient of transpiration is significantly less, than without hydrogel.

The perspective sphere of their use is production of moisture-holding preparations for needs of agriculture, decorative and homestead plant growing.

Polyacrylamide hydrogel is a heterogeneous system as which disperse phase the spatial grid formed by polymer macromolecules serves. It represents the sewed copolymer of acrylamide and acrylic acid, insoluble in water. Under the influence of granule water quickly bulk up, holding thus in hundreds of times bigger, in relation to the weight, its quantity and nutritious elements containing in it. Results of pilot studies showed possibility of use of hydrogels for improvement of moisture-holding ability of soils.

Introduction of preparations on the basis of polyacrylamide to the soil of arid regions has the expressed positive influence on growth and a survival of plants. Broad use of acrylic polymers is limited to the high cost of such preparations. Poliakrilamidny gel can be considered as the potential carrier for insecticides, fungicides, herbicides and fertilizers.

Hydrophilic polymers (hydrogels) can change properties of the soil thanks to ability to adsorb the large amount of water in 400 and more times exceeding own weight (or more than 1 liter of water on 1 gram of dry polymer) that, in turn, influences the speed of an infiltration and evaporation, density and structure of the soil.

We studied sorption properties of hydrogels of two brands «Akrileks P-150» and «Acros» with various molecular weight. When studying these brands of hydrogel direct dependence of the bulking-up ability on their molecular weight is revealed. Positive influence of hydrogels on a crop of a garden radish (*Raphanus sativus*) in the light brown soil is established. Efficiency of use of hydrogels in the light brown soil is higher in not irrigated conditions. The prolonged effect of hydrogel in the light brown soil is defined. The structural condition of soils improves when using hydrogel both in irrigated and in not irrigated conditions.

Keywords: hydrogel, molecular weight, light brown soil, rain agriculture, irrigation, garden radish, viability, productivity.

Введение

Вода является глобальным дефицитом. Результат дождевой агрокультуры (зональные системы земледелия) в условиях степи, сухой степи, полупустыни лимитирован наличием атмосферных осадков [1–5].

В тоже время происходит значительный непроизводительный расход влаги из почвы на испарение и избыточную транспирацию при высокой влажности почвы. Этот эффект проявляется в большей степени при ирригации. В орошаемых условиях, кроме того, значительные количества воды, по сравнению с потребностью растений, непроизводительно теряются (более, чем в 10 раз) на преференсные потоки в зоне аэрации. Поэтому актуальна оптимизация рационального использования воды в почве для создания биологической продукции [6–8].

Одним из направлений рационализации водной стратегии и повышения продуктивности, качества и устойчивости почв является применение гидрогеля [9–11, 12–16].

Гидрогель сорбирует воду, находящуюся в почве в состоянии термодинамического потенциала, близкого к нулю. Это позволяет уменьшить потерю воды из почвы на физическое испарение и избыточную транспирацию растений, поскольку немедленно после увлажнения, за счет действия гидрогеля, вбирающего гравитационную и частично капиллярную воду, потенциал воды в почве понижается до величины от -0,02 до -0,1 МПа. Затем, после увлажнения, по мере понижения термодинамического потенциала воды в почве в диапазоне от -0,2 до -0,4 МПа вода из гидрогеля постепенно поступает в почву. Расход воды растениями происходит экономно путем устьичного регулирования транспирации, поэтому коэффициент транспирации существенно меньше, чем без применения гидрогеля [17].

Полимерные гидрогели представляют собой поперечно-сшитые гидрофильные полимеры, способные поглощать большие количества воды. В частности, они способны поглощать количество воды, в десятки раз превышающее их сухую массу, поэтому их называют «суперабсорбентами» (сверхпоглотителями). Некоторые из указанных материалов в состоянии поглотить более 1 литра воды на 1 грамм сухого полимера [18].

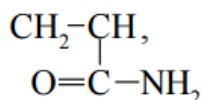
Гидрофильные акриловые полимеры находят широкое применение в различных областях народного хозяйства как суперабсорбенты. Их используют в промышленности, для удаления влаги из природного газа на газоразделительных установках, а также в медицине и быту, для изготовления бандажей для ран, салфеток, пеленок, тампонов, памперсов [19].

Применяют растворы полиакриламида в качестве агентов, снижающих гидравлическое сопротивление жидкостей при движении в турбулентном режиме, что позволяет стабилизировать буровые растворы при нефте- и газодобыче, увеличить скорость проходки пород при бурении скважин и снизить мощность силовых установок. Этот эффект используют при быстрой перекачке в турбулентном режиме течения по трубам нефтепродуктов, эмульсий и водных суспензий, в пожарной технике – для повышения дальноточности выброса струи воды из брандспойтов, а также для увеличения скорости движения судов и подводных лодок, когда в носовой части судна водные растворы полимеров впрыскивают в воду [19].

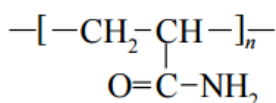
Перспективной сферой их применения является производство влагоудерживающих препаратов для нужд сельского хозяйства, декоративного и приусадебного растениеводства [9–11].

Полиакриламидный гидрогель (ПААГ) – это гетерогенная система, дисперсной фазой которой служит пространственная сетка, образованная макромолекулами полимера. Он представляет собой сшитый сополимер акриламида и акриловой кислоты, нерастворимый в воде. Его особенность состоит в том, что под действием воды гранулы быстро набухают, удерживая при этом в сотни раз большее, по отношению к своему весу количество воды и содержащиеся в ней питательные элементы. Результаты экспериментальных исследований показали возможность использования гидрогелей для улучшения влагоудерживающей способности почв [12–16, 18–19].

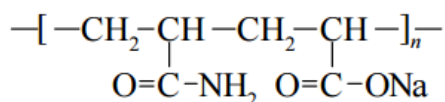
В настоящее время широко применяются водорастворимые полимеры на основе акриламида (АА), которые объединены общим названием «полиакриламиды» [20].



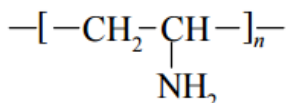
В эту группу входят полиакриламид (ПАА) – неионогенный полимер:



его анионные производные, например, частично гидролизированный ПАА:



и катионные производные, например поливиниламин а также сополимеры АА:



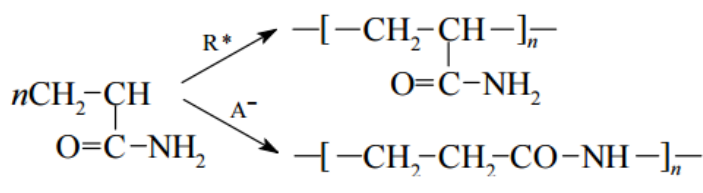
с различными ионогенными и неионогенными мономерами. Полимеры и сополимеры с разной молекулярной массой (ММ), молекулярно-массовым распределением, химическим составом и распределением звеньев исходных мономеров вдоль цепи, линейные, разветвленные и сшитые имеют разное функциональное назначение и различные области применения. Впервые акриламид был получен в 1893 году, однако освоение промышленного производства началось только в начале 50-х годов XX века, что сдерживалось плохой сырьевой базой [20].

Способность акриламида полимеризоваться в присутствии радикальных инициаторов обеспечили быстрое налаживание и расширение производства полимеров. Первоначально их применяли в качестве флокулянтов для осаждения и фильтрации шлама фосфоритов в технологии обработки урановых руд и прочностных добавок для бумаги, а в дальнейшем стали широко использовать в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве и медицине в качестве флокулянтов, загустителей, адгезивов, смазок, структурообразователей, пленкообразователей.

Несмотря на важные мирные профессии полимеров акриламида, их использование в оборонной промышленности значительно ограничило доступность научной информации, поэтому до начала 70-х годов в литературе отсутствовали сведения о технологии производства полимеров. В последние годы, наряду с улучшением сырьевой базы, создана научная основа для разработки полимеров с заданными свойствами. Разработаны перспективные методы синтеза полимеров – полимеризация и сополимеризация акриламида в концентрированных водных растворах и дисперсиях. Получили развитие методы химической модификации полимеров [20].

В настоящее время полимеры акриламида производят крупные фирмы США, Японии и развитых стран Европы. Они являются основными поставщиками полимеров на мировой рынок, а в России, Китае и ЮАР полимеры применяют для внутреннего потребления [19–20].

Акриламид легко полимеризуется с образованием линейного высокомолекулярного полимера под действием радикальных и ионных инициаторов, ультрафиолетового и радиационного излучения, ультразвука и электрического тока. Упрощенно радикальная и ионная полимеризация могут быть представлены схемой:



где знаками R^* и A^- – соответственно обозначены: радикал и анион.

Радикальная полимеризация – основной промышленный метод получения водорастворимого ПАА. При анионной полимеризации, образуется поли-β-аланин (найлон-3) – нерастворимый в воде полимер, растворяющийся только в некоторых органических растворителях при нагреве [20].

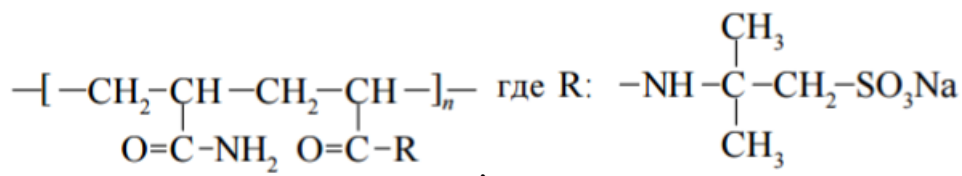
Наибольший практический интерес представляют полимеры с высокой молекулярной массой ($\text{MM} = 10^6\text{--}10^7$). Для их получения требуются: высокая чистота мономеров, малые концентрации инициатора, отсутствие кислорода и примесей ионов металлов, которые являются сокатализаторами [21].

На полимеризацию АА существенно влияет рН реакционной среды. При низких рН и высоких температурах возможно образование нерастворимых в воде сшитых полимеров вследствие создания между макромолекулами имидных мостиков ($\text{---CO---NH---CO---}$). При высоких рН протекает гидролиз амидных групп. Последнюю реакцию можно использовать для получения на стадии полимеризации частично гидролизованного ПАА (до 30 %).

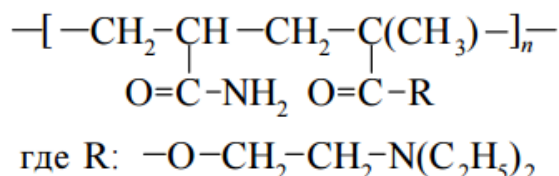
Полимеризацию проводят в водных растворах, водно-органических растворителях и дисперсных средах (в каплях водного раствора мономеров, диспергированных при механическом перемешивании в органических жидкостях в присутствии стабилизатора исходной дисперсии и образующегося полимера).

В зависимости от способа полимеризации полимеры получают в виде растворов, гранул, порошка и дисперсий полимеров в органических жидкостях. Распространенным промышленным способом их производства является полимеризация акриламида в водных растворах, что обусловлено получением полимеров со скоростью и молекулярной массой, недостижимыми при полимеризации в органических растворителях [21].

Радикальная сополимеризация АА с виниловыми мономерами используется для получения сополимеров, которые обладают лучшими потребительскими свойствами по сравнению с ПАА. Неионогенные сополимеры получают сополимеризацией АА с акрилонитрилом, акрилатами, винилиденхлоридом. При использовании в качестве сомономеров непредельных кислот или их солей получают анионные сополимеры, например сополимер акриламида с 2-акриламидо-2-метилпропансульфонатом натрия:



а при применении в качестве сомономер, например N,N'-диэтил-амино-этил метакрилата, получают катионный сополимер:



Привитую и блок-сополимеризацию используют для модификации свойств полимеров. В отличие от обычных сополимеров, звенья которых в цепях хаотически или регулярно чередуются, цепи привитых и блок-сополимеров построены из длинных последовательностей звеньев одного типа. У привитых сополимеров цепи имеют разветвленное строение, а у блок-сополимеров – линейное. С использованием радикальных инициаторов, ультрафиолетового и радиационного облучения осуществляют прививку АА на различные полимеры, например полиолефины, а стирол, акрилонитрил и другие мономеры прививают на ПАА. Блок-сополимеры получают и путем конденсации функциональных групп различных полимеров, одним из которых является ПАА [11, 20].

Внесение препаратов на основе полиакриламида (ПАА) в почву аридных областей имеет выраженное положительное влияние на рост и выживание растений [12, 14, 22–30]. Широкое применение акриловых полимеров ограничивается в основном их высокой стоимостью. Полиакриламидный гель можно рассматривать как потенциальный носитель для инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и удобрений [31].

Гидрофильные полимеры могут изменять свойства почвы благодаря способности адсорбировать большое количество воды, в 400 и более раз превышающее собственную массу (или более 1 литра воды на 1 грамм сухого полимера), что, в свою очередь, влияет на скорость инфильтрации и испарения, плотность и структуру почвы [10–11, 18, 32–38].

В острозасушливых условиях сухостепной зоны основным условием получения желаемой продуктивности и качества растений является обеспеченность её влагой. Одним из приёмов является применение веществ или препаратов, обеспечивающих удержание доступной для растений влаги в корнеобитаемом слое почвы. Таким препаратом является полиакриламидный гидрогель. В исследованиях В.И. Вержиковского с коллегами применение этого препарата в условиях аридного климата Калмыкии обеспечило существенную прибавку в урожайности за счёт лучшей обеспеченности растений почвенной влагой [22].

Полимерные гидрогели представляют собой поперечносшитые гидрофильные полимеры, способные поглощать большие количества воды. В частности, полимерные гидрогели «Акрилекс П–150» и «Acros», способные поглощать количества воды, в 10 раз превышающие их сухую массу, называются «суперабсорбентами» (сверхпоглотителями) [1–2, 21, 39].

Объекты и методы

Объектом исследования послужила почва дачного хозяйства Мичуринец в УНПЦ «Горная поляна», расположенного в 25 км от Волгограда. Свойства почв, их морфологические характеристики изученные нами ранее [40–43].

В полевых опытах исследовали две марки гидрогелей с различной молекулярной массой (M_r):

$$\text{— «Акрилекс П–150» } (M_r = 15 \cdot 10^4 \frac{\text{г}}{\text{моль}});$$

- «Acros» ($M_r = 6 \cdot 10^4 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$).

Опыты с гидрогелем «Акрилекс П-150» проводили в течение двух лет, «Acros» – 1 год. Каждая марка гидрогеля исследована в рамках схемы полевого эксперимента:

- размер деланки (используемой площади) $S_{\text{общ}} = 100 \cdot 20 \text{ см}^2 = 2000 \text{ см}^2$;

- глубина внесения гидрогеля 5 см;

- концентрация вносимого гидрогеля в почве 0,5 г на 1 м² изучаемой светло-каштановой почвы;

- минеральные удобрения не вносили;

- концентрация органического удобрения (в виде навоза) внесенного однократно

$$C_{\text{навоза}} = 5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

- в качестве тестовой культуры использовали редис розовый (*Raphanus sativus*) [43];

- норма посева семян редиса $H_{\text{посева}} = 40 \frac{\text{шт}}{\text{деланку}} = 20 \frac{\text{шт}}{\text{м}^2}$;

- эксперимент проводили в 4-х повторностях.

Контроль – дождевая агрокультура (зональная агротехника, без гидрогеля). Изменение свойств почв при различных видах агрокультуры проводили по сравнению с целиной. Иригационная агрокультура – оросительная норма от 18,4 мм (2013 г.) до 12,5, 6, 4,5 (2014 г), число поливов $n=1$ и $n=3$, глубина промачивания почвы, $h=30$ см (с гидрогелем и без гидрогеля). Дождевая агрокультура – с гидрогелем и без него. Гидрогель при иригационной агрокультуре – в условиях дополнительного орошения.

Полив капельный, капельная лента Streamline толщиной 8 мм (Netafim, Израиль), изготовлена из высококачественного полиэтилена с добавлением светостабилизатора, что позволяет её эксплуатировать не только в глубине почвы, но и на поверхности. Внутри капельной ленты вмонтированы эмиттеры, посредством которых происходит равномерная подача оросительной воды.

Ширина зоны увлажнения – 40–60 см, которая неизменна по всей длине капельной ленты и равномерна по обе стороны от нее. Рекомендованный уровень фильтрации: 130 микрон/120 мэш. Лабиринт TurboNet™ обеспечивает широкие потоки воды, глубина и ширина капельницы по поперечному срезу повышает сопротивляемость засорению. Характеристики капельной ленты приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Характеристики капельной ленты фирмы Streamline (Netafim)

№ п/п	Наименование характеристик	Величина
1	Ширина зоны увлажнения, см	40 – 60
2	Расход воды, л/ч	1,6
3	Внутренний диаметр, мм	16,1
4	Внешний диаметр, мм	16,4
5	Толщина стенки, мм	0,20
6	Минимальное рабочее давление, МПа	0,02
7	Максимальное рабочее давление, МПа	0,08
8	Расстояние между капельницами, см	30
9	Тип капельницы – эмиттерная	–

Температурный режим за периоды исследований дан в таблице 2 и на рис. 1, 2.

Таблица 2

Средняя температура воздуха за июнь за 2013–2014 гг.

Время	Средняя температура в течение месяца по годам, ° С	
	2013	2014
Ночью с 0.00 – 5.59	+19	+17
Утром с 6.00 – 11.59	+23	+22
Днём с 12.00 – 17.59	+29	+28
Вечером с 18.00 – 23.00	+25	+24
Средняя температура за месяц по годам	+24	+23

В жаркие дни, когда температура была выше 20° С, поливали утром и вечером по 2 часа (6,4 л/день), 4 раза в неделю (25,6 л/неделю). В прохладные дни полив производили один раз в день по два часа (3,2 л/день), 4 раза в неделю (12,8 л/неделю). За июнь 2013 г. был один дождливый день, выпало 18,4 мм осадков, в июне 2014 г. – 3 дня, соответственно 12,5; 6 и 4,5 мм. Каждый дождь продолжался в течение примерно 3 часов.

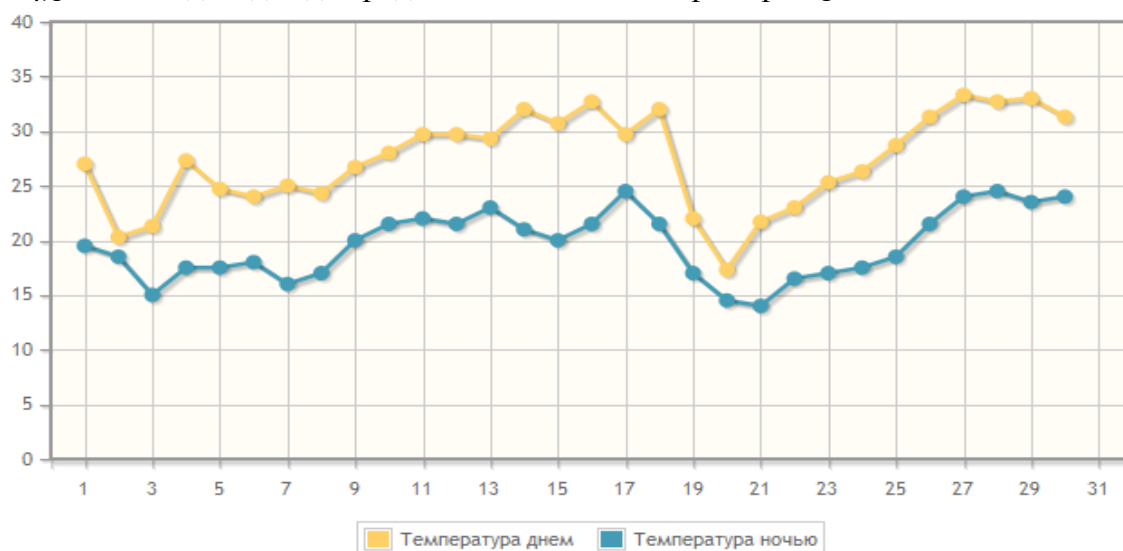


Рис. 1. Температура воздуха в июне 2013 г.

В июне 2013 года 22 дня температура днем превышала 25° С и выше, из них 13 дней – свыше 30° С. Температура ночью свыше 20° С – 16 ночей.

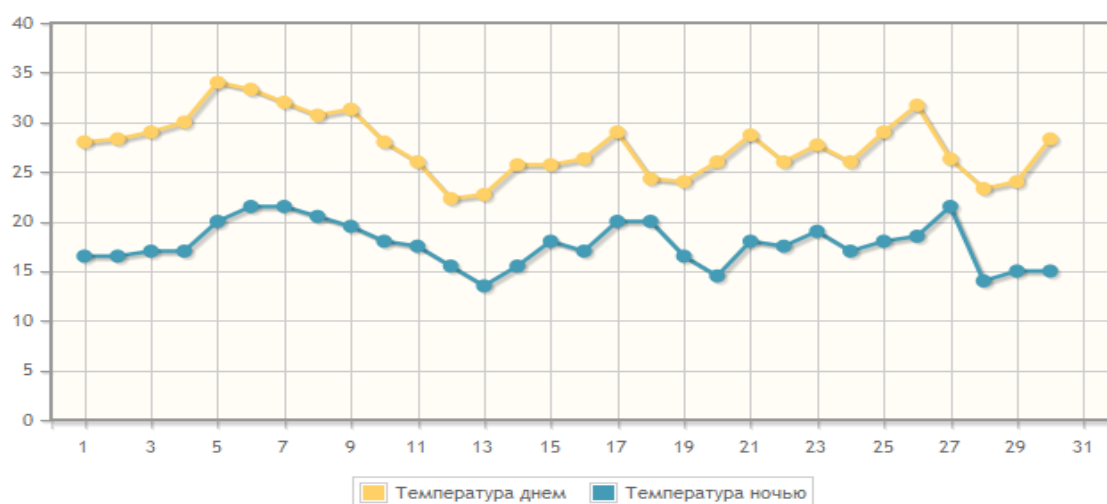


Рис. 2. Температура воздуха в июне 2014 г.

В июне 2014 года в течении 26 дней температура днем превышала 25° С и выше, из них 9 дней свыше 30° С. Температура ночью свыше 20° С – 10 ночей.

Обсуждение результатов

Масса одного корнеплода. После экспериментального испытания в полевых условиях гидрогеля марки «Акрилекс П–150», в первый год опыта было установлено, что масса одного корнеплода максимальна при орошении без геля (7,28 г), а в варианте с гелем масса корнеплода составила (7,44 г).

Учитывая метеорологические условия, то, что в первый год эксперимента выпало 18,4 мм осадков одновременно за целый день, почва хорошо пропиталась водой. А на второй год было три дня дождливых, дождь шел каждый раз по 3 ч. (суммарное количество осадков составило 23 мм). Поэтому были увлажнены только верхние горизонты почвы.

Высокие температуры 30 °С и выше вызвали уменьшение влажности в почве на 5 %, уменьшение числа всходов – на 5 %, замедление роста биомассы – на 5,9 г, изменение формы корнеплода с удлиненной на приплюснутую с незначительным уменьшением массы корнеплода (табл. 3).

Аналогичная ситуация, как в случае с дождевой культурой, была отмечена и при искусственном орошении почвы без гидрогеля. В случае искусственного орошения разница более существенная. Из-за более высоких температур во второй (2014) год выпавшие осадки быстрее испарились из почвы, поэтому увеличения урожайности на фоне повышения суммарного количества осадков не последовало.

Высокие температуры, 30° С и выше, вызвали уменьшение влажности в почве на 12 % (на 5 и 17 % соответственно при сравнении с дождевой агрокультурой), уменьшение числа всходов – на 12,5 % (на 10 и 12,5 соответственно), замедление роста биомассы – на 97,7 г, изменения формы корнеплода с удлиненной на приплюснутую с значительным уменьшением массы корнеплода на 4,7 г.

Таблица 3.

**Основные параметры применения гидрогеля П–150
в полевом опыте при посеве редиса**

Варианты опыта	Всхожесть, %		Количество всходов, шт/%		Биомасса растения, г		Масса корнеплода, г		Диаметр корнеплода, см	
	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год	1 год	2 год
Без геля дождевая агрокультура	50,0	45,0	20	18	38,2	32,3	1,91	1,79	1,3	2,6
			50,0	45,0						
Без геля орошение	45,0	33,0	18	13	131,0	33,3	7,28	2,56	1,7	7,1
			45,0	32,5						
С гелем дождевая агрокультура	38,0	33,0	15	13	110,5	52,6	6,14	4,05	2,5	5,7
			37,5	32,5						
С гелем орошение	83,0	58,0	33	23	245,7	155,5	7,44	6,76	2,0	3,2
			82,5	57,5						

В случае менее засушливого лета во второй год опыта дополнительное орошение благотворно влияет на развитие редиса. Редис испытывал меньший дефицит влаги, поэтому прирост биомассы в 3,4 раза больше и корнеплода в 4,1 раза выше, чем у дождевой

культуры. При более засушливых условиях, когда температура превышает 30° С, дополнительное орошение фактически мало влияет на развитие редиса. Дефицит воды слишком велик, растения затормаживают свое развитие, а прирост биомассы и корнеплодов отличается незначительно. По сравнению с контролем, биомасса выше в варианте с дождевой агрокультурой с гелем – в 3,2 раза, на орошении без геля – в 3,8, на орошении с гелем – в 3,9.

Внесение гидрогеля в почву благоприятно влияет на изменения водного режима почвы. В почвах с гидрогелем размеры корнеплодов и биомасса приближаются к орошаемым почвам. В более засушливых условиях первого года эксперимента орошаемые почвы с гидрогелем и без него имеют одинаковую влажность почвы и сопоставимое число всходов.

Деформация формы корнеплода менее заметна в варианте опыта с внесением гидрогеля. Из-за более высоких температур во второй год (2014) выпавшие осадки быстрее испарились из почвы, поэтому увеличения урожайности на фоне повышения суммарного количества осадков не последовало. В случае внесения гидрогеля при температурах +30 °С и выше вызвали уменьшение влажности в почве на 5 %, уменьшение числа всходов – на 5 %, замедление роста биомассы – на 57,9 г, изменения формы корнеплода с удлиненной на приплюснутую, со значительным уменьшением массы корнеплода на 3,2 г.

Аналогичная ситуация в опыте с гидрогелем при дополнительном орошении: выявлено уменьшение влажности в почве на 25 %, снижение числа всходов – на 25 %, снижение биомассы – на 90,2 г. Отмечено изменение формы корнеплода с удлиненной на приплюснутую наряду со значительным уменьшением массы корнеплода на 1,2 г. Неблагоприятные условия в виде высоких температурных аномалий и отсутствия влаги, можно устранить при помощи внесения гидрогеля и дополнительного орошения почвы. В этом случае, отсутствует почти полностью дефицит влаги, растение развивается стабильно и полноценно, поэтому деформации корнеплода не происходит.

Без геля в опыте с дождевой агрокультурой растения более угнетены. С большим дефицитом влаги прирост биомассы минимален. Без геля с дополнительным орошением также отмечено угнетение корнеплодов. При меньшем дефиците влаги деформация корнеплода менее выражена. С гелем в условиях дождевой агрокультуры отмечена незначительная деформация формы корнеплода, более существенный прирост биомассы, нежели с дополнительным орошением без геля. В вариантах с гелем и на орошении отсутствует почти полностью деформация формы корнеплода, отмечен существенный прирост биомассы по сравнению в опыте с гелем в условиях дождевой агрокультуры.

Проводя испытания гидрогеля марки «Акрилекс П-150» на второй год опыта были получены следующие результаты: масса одного корнеплода максимальна на орошении с гелем, без геля – ниже в 2,6 раза.

Гидрогель марки «Акрилекс П-150» показал, что, по сравнению с контролем в условиях дождевой агрокультуры с гелем масса корнеплодов выше в 2,3 раза, на орошении без геля – в 1,4, с гелем – в 3,8 раза. Последствие второго года опыта снижает массу плода, по сравнению с первым годом в варианте дождевой агрокультуры с гелем – в 1,5 раза, на орошении без геля – в 2,8, с гелем – в 1,2 раза.

Гидрогель марки «Acros» показал, по сравнению с контролем масса одного редиса в варианте с гелем в опыте с дождевой агрокультурой выше в 2,6 раза, на орошении без геля – в 3,8, с гелем – в 4,5 раза.

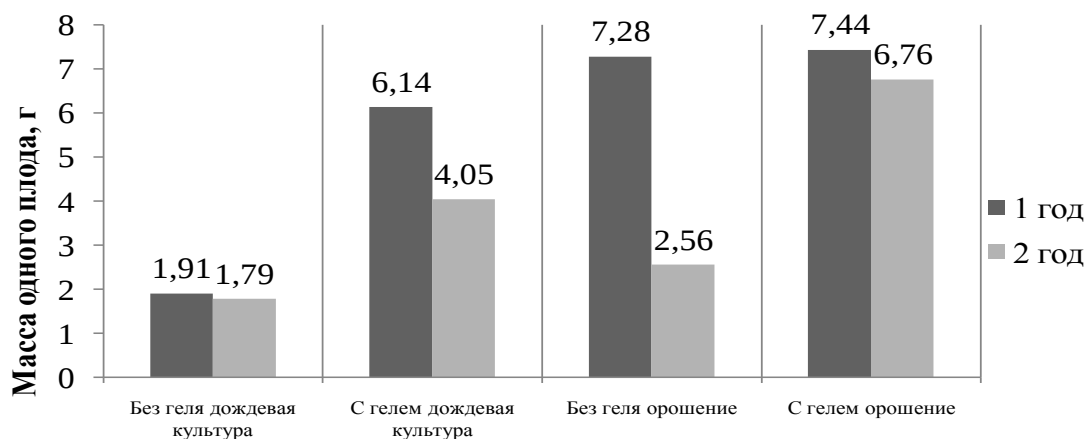


Рис. 3. Зависимость массы одного корнеплода от вариантов опыта

Количество всходов. Результаты испытаний гидрогелей различных марок сведены в две таблицы 3 и 4 (соответственно марки «Акрилекс П-150» – в табл. 3, и «Acros» – в табл. 4, рис. 1-5).

Таблица 4

**Параметры применения гидрогеля марки Acros
в полевом опыте при посеве редиса**

Варианты опыта	Всхожесть, %	Количество всходов, шт / %	Биомасса растения, г	Диаметр корнеплода, см	Масса корнеплода, г
Без геля дождевая культура	50	20	38,2	1,3	1,91
		50			
Без геля орошение	45	18	131,0	1,7	7,28
		45			
С гелем дождевая культура	35	13	60,72	5,81	4,67
		32,5			
С гелем орошение	70	28	243,26	2,75	8,69
		70			

Численность всходов во всех вариантах опыта снижается на второй год. В случае засушливого лета потери влаги при дополнительном орошении на 5 % выше нежели у дождевой культуры. Прирост биомассы в 3,4 раза и массы корнеплода 3,8 раза больше по сравнению с дождевой агрокультурой, а деформация корнеплода выше на 0,4 см. Влажность почвы в почве в условиях дождевой агрокультуры выше, поэтому и больше число всходов на 5 %. Применение гидрогеля с дополнительным орошением позволяет повысить всхожесть до 70 %, устранить деформацию формы корнеплода, увеличить биомассу в 4 раза и массу корнеплода – в 1,9 раз.

При сравнении результатов опытов без геля с орошением и с гелем в условиях дождевой агрокультуры, очевидно, чтогель менее эффективен, чем обычное орошение, так как с гелем при дождевой агрокультуре всхожесть редиса ниже на 12,5 %, биомасса – в 2,2 раза, масса корнеплода меньше в 1,6 раз, чем при обычном орошении.

При экстремальных температурах орошение более эффективно, чем внесения гидрогеля на дождевых культурах.

Анализируя данные по контролю численности всходов, было установлено: на контроле в течение двух лет опыта выше, чем на вариантах орошения без геля и дождевая агрокультура с гелем.

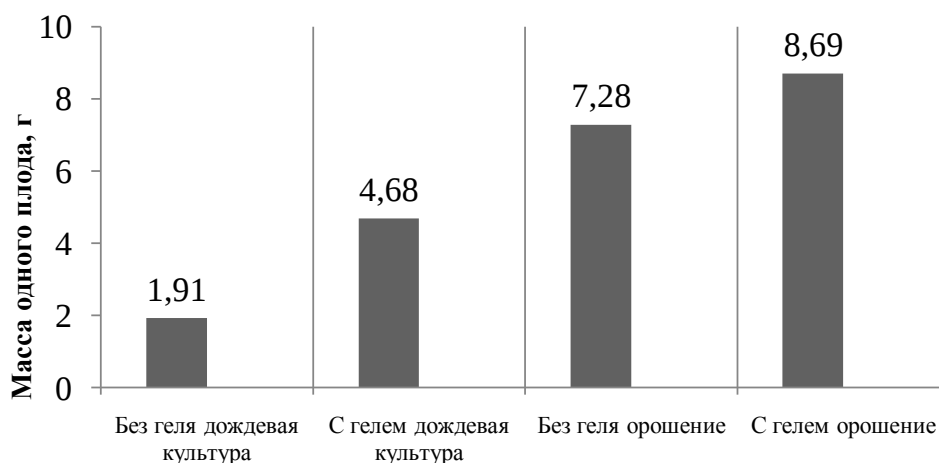


Рис. 4. Зависимость массы корнеплода от вариантов опыта

Без геля на орошении в первый год опыта с гелем «Акрилекс П-150» и «Acros» одинаково и равно 18 всходов. Наибольшее их количество в варианте орошения с гелем «Акрилекс П-150», в течение двух лет, соответственно 33 и 23 шт. и «Acros» – 28 шт.

Размер тестовой культуры. Используя гидрогель «Акрилекс П-150» в первый год опыта было выявлено следующее: в условиях дождевой агрокультуры с гелем возрастает диаметр редиса в 4,4 раза, на орошении без геля – в 5,5 раза, с гелем – только в 2,5 раза по сравнению с контролем (дождевая агрокультура без геля).

Уже на второй год применения данной марки гидрогеля П-150 были получены совершенно иные результаты: в условиях дождевой агрокультуры с гелем – практически такой же, как на контроле, в вариантах орошения с гелем и без него – меньше, чем на контроле.

Разные марки гидрогеля в идентичных условиях показали не существенно, отличные друг от друга результаты.

В опыте дождевой агрокультуры результаты сопоставимы при сравнении обоих гелей, «Акрилекс П-150» – 5,7, «Acros» – 5,4 см. Гидрогель марки «Acros» в варианте дождевой агрокультуры с гелем выше, чем на контроле в 4,2 раза, на орошении без геля – только на 0,4 см, с гелем выше в 2,2 раза.

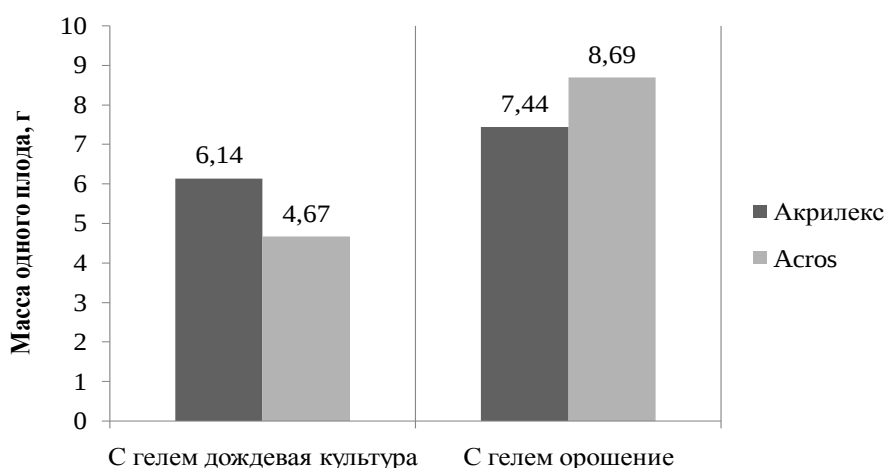


Рис. 5. Зависимость массы одного корнеплода от вариантов опыта для двух разных гидрогелей

Всхожесть тестовой культуры в процентном соотношении. «Акрилекс П-150», 1 год опыта. Всхожесть максимальна в варианте орошение с гелем (выше контроля в 2,2 раза). В условиях дождевой агрокультуры с гелем меньше, чем на орошении с гелем в 2,2 раза. В вариантах дождевой агрокультуры с гелем и орошение без геля всхожесть меньше, чем на контроле, соответственно 38 и 45 %.

«Акрилекс П-150», 2 год опыта. На второй год максимальная всхожесть установлена при орошении с использованием гидрогеля (выше, чем на контроле в 1,3 раза). Наименьшая – на варианте дождевой агрокультуры с гелем и орошении без геля – по 33 %.

«Acros». Максимальная всхожесть в варианте на орошении с гелем (70 %), выше контроля в 1,4 раза, в опыте дождевой агрокультуры с гелем, меньше, чем на контроле (35 %) и на орошении без геля составляет 45 %.

Всхожесть семян при сравнении обоих гелей максимальна на варианте гель с орошением соответственно 83 % с использованием «Акрилекс П-150» и 70 % – «Acros», одинакова на вариантах без геля при дождевой агрокультуре (по 50 %) и без геля орошение (по 45 %) и сопоставима в варианте дождевой агрокультуры с гелем, соответственно 38 и 33 %.

Гидрогели являются высокоэффективным средством искусственной оптимизации свойств почв [44], что позволяет повысить их влагоудерживающую способность, улучшить структурное состояние. Продолжительность действия гидрогеля в эксперименте меньше на фоне стандартной ирригации. Это указывает на известное обстоятельство серьезного дефекта стандартной парадигмы ирригации, в которой распределение воды в почве выполняют фронтально [45, 46], поэтому после полива количество воды избыточно. Как с точки зрения питания растений почвенным раствором, так и с точки зрения устойчивости водно-физических свойств почвы – гидрогель на фоне ирригационного переувлажнения быстрее утрачивает свои свойства по сравнению с вариантом дождевой агрокультуры. Это подтверждает необходимость модернизации водной стратегии [12, 27–28].

Свойства почв. Светло-каштановые почвы малогумусны (табл. 5). Доля органического углерода в верхнем горизонте целинной почвы равна 0,91 %, пашни – 0,77 %. Ранее Г. С. Егоровой с соавтором [40–41] была показана возможность увеличения содержания гумуса в светло-каштановой почве под семенной люцерной в опыте без применения удобрений на третий год пользования с 1,81 до 1,98 %, с применением удобрений P_{120} – с 1,81 до 2,10 %.

На исследуемом нами участке в опытах без геля содержание органического углерода на в условиях дождевой агрокультуры выше, чем на целине, соответственно 2,91 и 2,26 %

(табл. 5). Это подтверждает полученную нами ранее зависимость. В условиях орошения повышается доля органического углерода с 2,91 (дождевая агрокультура) до 3,32 %.

Таблица 5

**Содержание органического углерода ($C_{орг}$) и коэффициент структурности (K_c)
исследуемых почв**

Варианты	$C_{орг}$, %		K_c	
	2012	2013	2012	2013
Целина	2,26	Не опр.	2,38	Не опр.
Без геля, дождевая агрокультура	2,91	2,85	2,29	1,46
Без геля орошение	3,32	2,50	4,66	1,75
С гелем, дождевая агрокультура	4,69	3,18	3,99	2,40
С гелем орошение	3,24	2,85	4,51	2,06

В опытах с гелем максимальное повышение его содержания (до 4,69 %) выявлено на неорошаемом участке. В условиях орошения доля $C_{орг}$ выше, чем при дождевой агрокультуре. Во всех вариантах по сравнению с контролем концентрация $C_{орг}$ выше и снижается на второй год последствия. Наиболее эффективно действие геля в неорошаемых условиях при дождевой агрокультуре.

Исследуемые нами светло-каштановые почвы Горной поляны показали, что по величине коэффициента структурности (выше 1,5) агрегатное состояние их отличное. Максимальная величина K_c в почве целины – 2,80, наименьшая – в пахотной почве (2,01). Выявлена тенденция: с уменьшением физической глины увеличивается величина K_c , за счет снижения доли микроагрегатов. Полевой опыт показал, что структурное состояние почв в вариантах без геля лучше в орошаемых условиях, коэффициент структурности K_c возрастает с 2,29 до 4,66. В вариантах с гелем при дождевой агрокультуре и на орошении структурное состояние почв выше, чем без него. В этих условиях орошение геля способствует более высокому значению K_c . Во всех вариантах значение K_c на второй год опыта снижается.

Заключение

1. Мелиоративные мероприятия – орошение и применение геля повышают показатели всхожести редиса.
2. Наиболее эффективно применение геля в условиях дождевой агрокультуры.
3. На второй год применения гидрогеля его эффективность снижается в орошаемых условиях в 4 раза, в условиях дождевой агрокультуры – вдвое.
4. Сопоставимость эффективности применения гидрогелей с разной молекулярной массой позволяет рекомендовать гель с наименьшей, «Акрилекс П-150».
5. Всхожесть семян редиса при сравнении обоих гелей максимальна на варианте гель с орошением соответственно 82,5 % при применении «Акрилекс П-150» и 70 % – «Acros», одинакова на вариантах без геля при дождевой агрокультуре (50 %) и без геля орошение (45 %) и сопоставима в варианте дождевой агрокультуры с гелем, соответственно 38 и 33.
6. Гидрогель наиболее эффективно повышает содержание органического углерода в условиях дождевой агрокультуры. Структурное состояние почв улучшается при использовании гидрогеля и в орошаемых и в неорошаемых условиях.
7. Изучены сорбционные свойства гидрогелей с различной молекулярной массой. Выявлена прямая зависимость набухающей способности от их молекулярной массы. Выявлено положительное влияние гидрогелей на урожай редиса в светло-каштановой почве и на свойства почвы.
8. При экстремальных температурах орошение более эффективно, чем внесение гидрогеля в условиях дождевой агрокультуры (всхожесть, биомасса и масса корнеплода).
9. С гелем в условиях дождевой агрокультуры отмечена незначительная деформация формы корнеплода, более существенный прирост биомассы, нежели с дополнительным

орошением без геля. В вариантах с гелем и на орошении отсутствует почти полностью деформация формы корнеплода, больше биомасса.

Примечания[^]

1. Okolelova Alla A., Tatyana G. Voskoboynikova, Ruslan O. Manov Improving the Properties of Light-brown Soil Using Hydrogel // Biogeosystem Technique, 2015, Vol.(3), Is. 1, pp. 82–88. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.82
2. Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А., Манов Р.О. Увеличение всхожести семян редиса с помощью гидрогеля на различных типах почв. // Научные ведомости Белгородского университета. Сер. Естественные науки. 2015. № 9 (206). Вып. 31. С. 37–42.
3. Wiß F., Stacked T., Hagemann, S. Statistical analysis of simulated global soil moisture and its memory in an ensemble of CMIP5 general circulation models // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly, Vienna, 2014. Vol. 16, EGU2014-14086.
4. Devineni N., Lall U., Etienne E., Shi D., Xi C. Americas water risk: Current demand and climate variability // Geophysical Research Letters. 2015. V. 42. I. 7. p. 2285–2293.
5. Wu ZD., Lall U., Zhao M. A Worldwide Comparison of Water Use Efficiency of Crop Production // Applied Mechanics and Materials. 2013. V. 275. p. 2718–2722.
6. Kalinichenko V. Biogeosystem Technique – as a base of the new world water strategy // Biogeosystem Technique. 2014. V. 2. № 2. Pp. 100–124. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.100
7. Kalinichenko Valery, Abdulmalik Batukaev, Tatiana Minkina, Natalia Solntseva, Andrey Skovpen, Ali Zarmaev, Vaha Jusupov, and Olga Lohmanova Biogeosystem technique – the fundamental base of modern Water Policy and Management // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly. Viena, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17014.
8. Калининченко В.П., Минкина Т.М., Безуглова О.С., Зармаев А.А., Романов О.В., Ким В.Ч. Концепция внутрипочвенной дискретной импульсной ирригации. // Природообустройство. 2013. № 2. С. 6–11. [http://ieek.timacad.ru/content /Nauch/zhurnal_prirodoobustr/priroda_2_2013.pdf](http://ieek.timacad.ru/content/Nauch/zhurnal_prirodoobustr/priroda_2_2013.pdf)
9. Грицай И.С., Максимова Н.Б., Вороничев А.А. Биологическая диагностика загрязнения городских почв на примере г. Рубцовска Алтайского края. Матер. межд. научн. конф. «Экология и биология почв. 17–19 ноября 2014 г. Ростов-на-Дону. 2014. С. 511–512.
10. Куренков В.Ф. Водорастворимые полимеры акриламида // Соросовский образовательный журнал. 1997. № 5. С. 48–53.
11. Юскаева Г.И. Использование полиакриламидного полимера В-415 в искусственном лесовосстановлении в условиях Пензенской области. Экологические аспекты устойчивого развития человечества. // Матер. Междунар. науч-практ. конф. (Москва-Пенза, 13–14 апреля 2010 г.). НОУ ВПО «Академия МНЭПУ». Пензенский филиал, Управл. природ. ресурсами окруж. среды по Пензенской области. М., 2010. С. 149–152.
12. Тиберьков А.П., Филин В.И. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья. Известия Нижне-Волжского агроуниверситетского комплекса. 2013. № 4(32). С. 84–89.
13. Colin C. Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst ArcUser // The Magazine for ESRI Software Users. July-September. 2004. 120 p.
14. Hillel D. Fundamentals of soil physics. N-Y.: Acad. Press, 1980. 300 p.
15. Nemes A. Unsaturated soil hydraulic database of Hungary HUNSODA. // Agrokemiaes. Talajtan. 2004. № 51. (1-2). p. 23–35.
16. Pachepsky Ya.A., Rawls W. J. Development of Pedotransfer Functions in Soil Hydrology. Development in Soil Science. Elsevier. Amsterdam, 2004. 113 p.
17. Shein E, Kukharuk N, Panini S. Soil Water Retention Curve Experimental and Pedotransfer Data to Forecast Water Movement in Soils // Biogeosystem Technique. 2014. V. 1 № 1. p. 89–96. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.89
18. Наумов П.В., Щербакова Л.Ф., Околелова А.А. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерного гидрогеля. // Известия Нижнее-Волжского агроуниверситетского комплекса. 2011. № 4 (24). С. 77–81.

19. Околелова А.А., Егорова Г.С., Воскобойникова Т.Г. Применение гидрогеля в светло-каштановой почве. // Межд. Ж. Естественно-гуманитарные исследования. 2015. № 10 (4). С. 4–9.
20. Okolelova A.A., Voskoboinikova T.G., Manov R.O. Improving the Properties of Light-brown Soil Using Hydrogel // Biogeosystem Technique, 2015, Vol.(3), Is. 1, pp. 82–88. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.82
21. Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А., Терехова Д.В., Сукуркина А.С. Набухающая способность гидрогеля марки Акрилекс П–150. Матер. I Междунар. науч-практ. конф. «Естественнонаучное знание в 21 веке» Краснодар, 2012. С. 286.
22. Вержиковский В.И., Кузьмин Ю.М., Маслов Ю.М., Янов В.И. К вопросу влияния накопителя влаги на урожайность овощных культур в Калмыкии // Экологические проблемы использования ресурсного потенциала Республики Калмыкия: сб. науч. тр. / ЮжНИИгипрозем. Элиста, 1997. Т. 2. С. 114–115.
23. Кротов П.В. Влияние влагонабухающих гидрогелей на оптимальное влагообеспечение и питание сельскохозяйственных культур в звене севооборота // Автореферат дисс. к.с. – х.н. Немчиновка. 1996. 22 с.
24. Кузнецов А.Ю. Влияние полимерной мелиорации на свойства чернозема выщелоченного, тепличного почвогрунта и урожайность сельскохозяйственных культур: Автореф. дисс. к.с.–х.н. Пенза, 2003. 25 с.
25. Кузнецова И.В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв // Почвоведение. 1979. № 3. С. 81–88.
26. Максимова Ю. Г., Максимов А. Ю., Демаков В.А., Будников В.И. Влияние гидрогелей полиакриламида на микрофлору почвы. Вестник ПГУ. Отдел Биологический. 2010. (1) С. 45–49.
27. Сковрцова Е.Б. Геометрические признаки почвенной структуры. / Организация почвенных систем. Методология и история почвоведения. Труды 11 национ. конф. с междунар. участием «Проблемы истории, методологии и философии почвоведения». Пушкино, 2007. Т. 1. С. 209–211.
28. Хан К.Ю., Поздняков А.И., Сон Б.К. Агрегатная структура почв: теоретические и экспериментальные аспекты исследования. /Организация почвенных систем. Методология и история почвоведения. Труды 11 национ. конф. с междунар. участием «Проблемы истории, методологии и философии почвоведения». Пушкино, 2007. Т. 1. С. 122–125.
29. Чичулин А.В., Дитц Л.Ю. Симметрия физических явлений в почвах. / Организация почвенных систем. Методология и история почвоведения. Труды 11 национ. конф. с междунар. участием «Проблемы истории, методологии и философии почвоведения». Пушкино, 2007. Т. 1. С. 62–64.
30. Kabiri H. Introduction and Application of Super Absorbent Hydrogels, the Third Training Course and Seminar on Agricultural Applications of Superabsorbent Hydrogels. Iran Polymer and Petrochemical Institute. 2005. 120 p.
31. Zeiliger A.M., Pachepsky Ya.A., Rawls W.J. Estimating water retention of sandy soils using the additivity hypothesis // Soil Sciences. 04/2000; 165(5):373–383. DOI: 10.1097/00010694-200005000-0000
32. Гросберг А. Ю., Хохлов А. Р. Физика в мире полимеров. М.: Наука, 1989. 208 с.
33. Валуев Л.И., Валуева Т.А., Валуев И.Л., Платэ Н.А. Полимерные системы для контролируемого выделения биологически активных соединений // Успехи биологической химии. 2003. Т. 43. С. 307–328.
34. Дирш А.В., Борхунова Е.Н., Федорова В.Н. Взаимодействие полиакриламидных гидрогелей с биологическими тканями // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. 2004. № 3. С. 30–43.
35. Зеер Г.М., Фоменко О.Ю., Ледяева О.Н. Применение сканирующей электронной микроскопии в решении актуальных проблем материаловедения // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2009. № 2. С. 287–293.
36. Филиппова О. Е. «Умные» полимерные гидрогели // Природа. 2005. № 8. С. 41–48.
37. Хохлов А.Р. Восприимчивые гели // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 11. С. 138–142.

38. Щербакова Л.Ф., Наумов П.В., Околелова А.А. К вопросу ремедиации территорий размещения объектов уничтожения химического оружия. // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 11. Ч. 2. С. 424–429.
39. Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А. Повышение плодородия почв в сухостепной зоне с помощью гидрогелей. Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути их решения». Томск, Изд-во Томского Политехнического Университета. 2014. С. 19–21.
40. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Кастерина Н.Г., Мерзлякова А.С. Особенности почвенного покрова Волгоградской агломерации. Волгоградской области. Волгоград. ВГАУ, 2014. 224 с.
41. Егорова Г.С., Околелова А.А. Физиологические особенности развития и произрастания люцерны. // *Агрономия*. Волгоград, 2003. Вып. 3. С. 26–30.
42. Околелова А.А., Стяжин В.Н., Касьянова А.С. Оценка продуктивности почв с помощью регрессионного анализа. // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 3 (42). С. 328–332.
43. ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести».
44. Bezuglova O., Anastasiya E. The Use of Lignite and Compost-based Sewage as a Fertilizer and Soil Ameliorants // *Biogeosystem Technique*. 2014. V. 1. № 1. p. 41–49. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.41
45. Бобченко В.И. Технология гидроциклически-богарных комплексных мелиораций // *Сборник паспортов по агропочвоведению*. М.: ЦБНТИ, 1989. С. 39–40.
46. Стратинская Э.Н., Докучаева Л.М., Андреева Т.П. Изменение гумусного состояния черноземов обыкновенных при циклическом орошении. // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2011. № 1. С. 13–17. http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec17-field6.pdf

References:

1. Okolelova Alla A., Tatyana G. Voskoboynikova, Ruslan O. Manov Improving the Properties of Light-brown Soil Using Hydrogel // *Biogeosystem Technique*, 2015, Vol.(3), Is. 1, pp. 82–88. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.82
2. Voskoboynikova T G., Okolelov A.A., Manov R.O. Increase of viability of seeds of a garden radish by means of hydrogel on various types of soils. *Scientific Journal of the Belgorod University. Series of Natural sciences*. 2015. №. 9 (206). Release 31. pp. 37–42.
3. Wiß F., Stacke T., Hagemann, S. Statistical analysis of simulated global soil moisture and its memory in an ensemble of CMIP5 general circulation models // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly, Vienna, 2014. Vol. 16, EGU2014-14086.
4. Devineni N., Lall U., Etienne E., Shi D., Xi C. Americas water risk: Current demand and climate variability // *Geophysical Research Letters*. 2015. V. V. 42. I. 7. pp. 2285–2293.
5. Wu ZD., Lall U., Zhao M. A Worldwide Comparison of Water Use Efficiency of Crop Production // *Applied Mechanics and Materials*. 2013. V. 275. pp. 2718–2722.
6. Kalinichenko V. *Biogeosystem Technique – as a base of the new world water strategy* // *Biogeosystem Technique*. 2014. V. 2. № 2. pp. 100–124. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.100
7. Kalinitchenko Valery, Abdulmalik Batukaev, Tatiana Minkina, Natalia Solntseva, Andrey Skovpen, Ali Zarmaev, Vaha Jusupov, and Olga Lohmanova *Biogeosystem technique – the fundamental base of modern Water Policy and Management* // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly. Viena, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17014.
8. Kalinichenko V.P., Minkina T.M., Bezuglova O. S., Zarmayev A.A., Romanov O. V., Kim V. Ch. Concept of an intra-soil discrete pulse irrigation // *Environmental engineering*. 2013. №. 2. pp. 6–11. http://ieek.timacad.ru/content/Nauch/zhurnal_prirodoobustr/priroda_2_2013.pdf
9. Grizai I.S., Maximov N. B., Voronichev A.A. Biological diagnostics of pollution of city soils on the example of Rubtsovsk, Altai Krai. // *Materials of international scientific conference “Ecology and biology of soils”*. November 17–19, 2014. Rostov-on-Don, 2014. pp. 511–512.
10. Kurenkov V.F. Water-soluble polymers of acrylamide // *Sorosovsky educational magazine*. 1997. № 5. pp. 48–53.

11. Yuskaeva G.I. Using polyacrylamide polymer B-415 in the artificial reforestation under the domain, Penza environmental aspects of sustainable development of mankind. // Mater. Intern. Scientific-practical Conf. (Moscow, Penza, 13–14 April 2010). NOU VPO «Academy MNEPU». Penza Branch of Nature Resources environmental control. M., 2010. pp. 149–152.
12. Tibirkov A.P., Filin V.I. Effect of polyacrylamide hydrogel structure-aggregate composition of the arable layer of light-brown soils of the Volga-Don interfluve. // Proceedings of the Lower Volga Agrouniversity complex. 2013. № 4 (32). pp. 84–89.
13. Colin C. Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst ArcUser the Magazine for ESRI Software Users. Iulay-September. 2004. 120 p.
14. Hilel D. Fundamentals of soil physic. N-Y.: Acad.-Press, 1980. 300 p.
15. Nemes A. Unsaturated soil hydraulic database of Hungary HUNSODA. // Agrokemiaes. Talajtan. 2004. № 51, V. (1–2). pp. 23–35.
16. Pachepsky Ya.A., Rawis W.J. Development of Pedotransfer Functions in Soil Hydrology. Development in Soil Science. Elsevier. Amsterdam, 2004. 113 p.
17. Shein E, Kukharuk N, Panini S. Soil Water Retention Curve Experimental and Pedotransfer Data to Forecast Water Movement in Soils // Biogeosystem Technique. 2014. V. 1. № 1. pp. 89–96. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.89
18. Naumov P.V., Shcherbakova L.F., Okolelova A.A. Optimization of soil moisture using polymer hydrogels. // Proceedings of the Lower Volga Agrouniversity complex. 2011. № 4 (24). pp. 77–81.
19. Okolelova A.A., Egorova G.S., Voskoboinikov T.G. Use of hydrogel in the light brown soil. // Natural and humanitarian researches. 2015. №. 10 (4). pp. 4–9.
20. Okolelova A.A., Voskoboinikova T.G., Manov R.O. Improving the Properties of Light-brown Soil Using Hydrogel // Biogeosystem Technique, 2015, Vol.(3), Is. 1, pp. 82–88. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.82
21. Voskoboinikova T.G., Okolelova A.A., Terekhov D.V., Sukurkina A.S. The ability of the hydrogel swells brand Akroleks P-150. // Proceedings of the 1st Int. Conf. «Scientific knowledge in the 21st century». Krasnodar, 2012. pp. 286–290.
22. Verzhikovskiy V.I., Kuzmin Yu.M., Maslov Yu.M., Yanov V.I. To the question of influence of moisture storage on yield of vegetable crops in Kalmykia // Ecological problems of resource potential of Kalmykia Republic. Collection of scientific papers of YuzhNIIGiprozem. Elista, 1997. V. 2. pp. 114–115.
23. Krotov P.V. Influence of intensive moisture adsorptive hydrogels on the optimum moisture and food crops in crop rotation link // Abstract of diss. cand. of Sc (Agric) Nemchinovka, 1996. 22 p.
24. Kuznetsov A.Y. Effect of the polymer reclamation on the properties of leached chernozem, greenhouse soil and crop yield: Abstract of diss. cand. of Sc (Agric). Penza, 2003. 25 p.
25. Kuznetsova I.V. On some criteria for the evaluation of the physical properties of soil // Soil Science. 1979. № 3. pp. 81–88.
26. Maksimov Yu., Maksimov A., Demakov V.A., Budnikov V. I. Effect of polyacrylamide hydrogel on soil microflora. // Vestnik PGU. Department of Biology. 2010. Vol. 1. pp. 45–49.
27. Skvortsova E.B. Geometric signs of soil structure. / Organization of soil systems. Methodology and History of Soil Science. Proceedings of the 11th National Conf. with Intern. Participation «Problems of history, methodology and philosophy of Soil Science». November 5–9, 2007. Pushchino, 2007. Vol. 1. pp. 209–211.
28. Han K., Pozdnyakov A.I., Son B.K. Aggregate soil structure: theoretical and experimental aspects of the study / Organization of soil systems. Methodology and History of Soil Science. Proceedings of the 11th National Conf. with Intern. Participation «Problems of history, methodology and philosophy of Soil Science» November 5–9, 2007, Pushchino, 2007. V. 1. pp. 122–125.
29. Chichulin A.V., Ditz L.Y. The symmetry of the physical phenomena in soils. / Organization of soil systems. Methodology and History of Soil Science. Proceedings of the 11th National Conf. with Intern. Participation «Problems of history, methodology and philosophy of Soil Science» November 5–9, 2007, Pushchino, 2007. V. 1. pp. 62–64.
30. Kabiri H. Introduction and Application of Super Absorbent Hydrogels, the Third Training Course and Seminar on Agricultural Applications of Superabsorbent Hydrogels. Iran

Polymer and Petrochemical Institute. 2005. 120 p.

31. Zeiliger A.M., Pachepsky Ya.A., Rawls W.J. Estimating water retention of sandy soils using the additivity hypothesis // Soil Sciences. 04/2000; 165(5):373-383. DOI: 10.1097/00010694-200005000-00001

32. Grosberg Yu, Khokhlov A.R. Polymer Physics World. M.: Nauka, 1989. 208 p.

33. Valuev L.I., Valuev T.A., Valuev I.L., Plate N.A. The polymeric controlled release systems for bioactive compounds // Successes of Biological Chemistry. 2003. V. 43. pp. 307-328.

34. Dirsh A.V., Borhunova E.N., Fedorov V.N. Interaction of polyacrylamide hydrogels with biological tissues // Annals of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery. 2004. № 3. pp. 30-43.

35. Zeer G.M., Fomenko O.J., Ledjaeva O.N. The use of scanning electron microscopy in solving urgent problems of materials // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2009. № 2. pp. 287-293.

36. Filippova O. E. «Smart» polymeric hydrogels // Nature. 2005. № 8. pp. 41-48.

37. Khokhlov A. R. Responsive gels // Soros Educational Journal. 1998. № 11. pp. 138-142.

38. Shcherbakova L.F., Naumov P.V., Okolelova A.A. On the issue of remediation of accommodation facilities areas for destruction of chemical weapons. // Basic research. 2011. № 11. Part 2. pp. 424-429.

39. Voskoboynikova T.G., Okolelova A.A. Improving Soil Fertility in the dry steppe zone using hydrogels. // All-Russian scientific-practical conference of young scientists and students «Ecology and safety in the technosphere: current problems and solutions» Tomsk, Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2014. pp. 19-21.

40. Okolelova A.A., Jeltobruhov V.F. Egorova G.S., Kasterina N.G., Merzlyakova A.S. Features of soil Volgograd agglomeration. Volgograd region. Volgograd: VSAU, 2014. 224 p.

41. Egorova G.S., Okolelov A.A. Physiological features of development and growth of a alpha-alpha. // Agronomics. Volgograd: 2003. Release 3. pp. 26-30.

42. Okolelova A.A., Styazhin V.N., Kasyanov A.S. Estimation of efficiency of soils by means of the regression analysis. // Basic researches. 2012. №. 3 (42). pp. 328-332.

43. GOST 12038-84 «Seeds of crops. Methods of determination of viability».

44. Bezuglova Olga S., Anastasiya E. Shimko The Use of Lignite and Compost-based Sewage Sludge as a Fertilizer and Soil Ameliorants // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (1). № 1. pp. 41-49. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.41

45. Bobchenko V.I. Technology of hydro-cyclic melioration // The Collection of passports on Agro-Science. M.: TsBNTI, 1989. pp. 39-40.

46. Stratinskaya E.N., Dokuchayeva L.M., Andreyeva T.P. Change of a humus condition of chernozems ordinary at a cyclic irrigation. // Scientific Journal of Russian Scientific-Research Institute of Problems of Melioration. 2011. №. 1. pp. 13-17. http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec17-field6.pdf

УДК 631.41

Влияние гидрогелей на продуктивность светло-каштановых почв

¹ Алла Ароновна Околелова

² Надежда Александровна Рахимова

³ Галина Сергеевна Егорова

⁴ Надежда Геннадьевна Кастерина

⁵ Вероника Николаевна Заикина

¹ Волгоградский государственный технический университет, Российская Федерация
д.б.н., профессор

E-mail: allaokol@mail.ru

² Волгоградский государственный технический университет, Российская Федерация
д.х.н., профессор

E-mail: haialliss@mail.ru

³ Волгоградский государственный аграрный университет, Российская Федерация
д.б.н., профессор
E-mail: agro@volgau.com

⁴ Волжский политехнический институт филиал (ВолгГТУ), Российская Федерация
к.б.н., старший лаборант
E-mail: kokorinang@yandex.ru

⁵ Волгоградский государственный технический университет, Российская Федерация
аспирант
E-mail: veronikazaikina@mail.ru

Аннотация. Одним из направлений оптимизации водной стратегии и повышения продуктивности, качества и устойчивости почв является применение гидрогеля для регулирования потоков в почве. Гидрогель производит сорбцию воды, находящейся в почве в состоянии термодинамического потенциала, близкого к нулю. Это позволяет уменьшить потерю воды из почвы на физическое испарение и избыточную транспирацию растений, поскольку сразу после увлажнения потенциал воды снижается за счет геля, вбирающего гравитационную и частично капиллярную воду. После увлажнения, вода из гидрогеля постепенно поступает в почву. Расходование воды растениями происходит экономно путем устойчивого регулирования транспирации, поэтому коэффициент транспирации существенно меньше, чем без гидрогеля.

Перспективной сферой гидрогеля использования гидрогеля является производство влагоудерживающих препаратов для нужд сельского хозяйства, декоративного и приусадебного растениеводства.

Полиакриламидный гидрогель – это гетерогенная система, дисперсной фазой которой служит пространственная сетка, образованная макромолекулами полимера. Он представляет собой сшитый сополимер акриламида и акриловой кислоты, нерастворимый в воде. Под действием воды гранулы быстро набухают, удерживая при этом в сотни раз большее, по отношению к своему весу, ее количество и содержащиеся в ней питательные элементы. Результаты экспериментальных исследований показали возможность использования гидрогелей для улучшения влагоудерживающей способности почв.

Внесение препаратов на основе полиакриламида в почву аридных областей имеет выраженное положительное влияние на рост и выживание растений. Широкое применение акриловых полимеров ограничено высокой стоимостью таких препаратов. Полиакриламидный гель можно рассматривать как потенциальный носитель для инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и удобрений.

Гидрофильные полимеры (гидрогели) могут изменять свойства почвы благодаря способности адсорбировать большое количество воды, в 400 и более раз превышающее собственную массу (или более 1 литра воды на 1 грамм сухого полимера), что, в свою очередь, влияет на скорость инфильтрации и испарения, плотность и структуру почвы.

Нами изучены сорбционные свойства гидрогелей двух марок «Акрилекс П-150» и «Acros» с различной молекулярной массой. При изучении этих марок гидрогеля выявлена прямая зависимость набухающей способности от их молекулярной массы. Установлено положительное влияние гидрогелей на урожай редиса (*Raphanus sativus*) в светло-каштановой почве. Эффективность применения гидрогелей в светло-каштановой почве выше в неорошаемых условиях. Определено пролонгированное действие гидрогеля в светло-каштановой почве. Структурное состояние почв улучшается при использовании гидрогеля и в орошаемых и в неорошаемых условиях.

Ключевые слова: Гидрогель, молекулярная масса, светло-каштановая почва, дождевая агрокультура, орошение, редис, всхожесть, урожайность.

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
International Journal of Environmental Problems
Has been issued since 2015.

ISSN: 2410-9339

E-ISSN: 2413-7561

Vol. 2, Is. 2, pp. 136-153, 2015

DOI: 10.13187/ijep.2015.2.136

www.ejournal33.com



UDC 631.41

Carbonate Calcium Equilibrium in Soil Solution as a Driver of Heavy Metals Mobility

¹Anatoly P. Endovitsky

²Valery P. Kalinichenko

³Tatiana M. Minkina

¹⁻² Institute of Soil Fertility of South Russia, Russian Federation

³ Southern Federal University, Russian Federation

¹ Expert

² Dr of Sc (Biol) Professor, Director

E-mail: kalinitch@mail.ru

³ Dr of Sc (Biol) Professor, Head of Department of Soil Science and Land Evaluation

E-mail: tminkina@mail.ru

Abstract

The thermodynamic model is proposed of heavy metals state in nosaline chernozem common carbonate of steppe zone of South Russia.

The climate is continental semiarid, annual precipitation of 500–550 mm. The parent rocks are Carbonate and Carbonate-sulfate loess-like loam and clay. The chernozem common is thick, not solonized, humus 4.2%, physical clay 49.3%, clay 31.3%, CaCO_3 0.14% (up to 3–6% at the depth of 1,3–1,6 m), pH = 7.8, exchangeable cations: Ca^{2+} – 342 mmol kg^{-1} , Mg^{2+} – 27 mmol kg^{-1} , Na^+ – 6 mmol kg^{-1} . The soil section in autoromorphic landscape. The soil solution water extract analyzed by standard methods.

The state of ions in soil solution is influenced by ion association. The method of ion pairs in water solution is used. At high ionic force in soil solution are formed electrically neutral ion pairs CaCO_3^0 ; CaSO_4^0 , MgCO_3^0 , MgSO_4^0 , charged ion pairs CaHCO_3^+ , MgHCO_3^+ , NaCO_3^- , NaSO_4^- , CaOH^+ , MgOH^+ .

On the basis of of ion pair's method the algorithms and computer programs were developed to calculate the real equilibrium forms of ions in the soil solution. The concentration of free and associated macro-ion's forms were calculated by iteration procedure according to analytical ion concentration considering ion material balance, linear interpolation of equilibrium constants, Method of ionic pairs, laws of: initial concentration preservation, operating masses of equilibrium system. Concentration constants of ion pair dissociation were calculated following the law of operating masses. Were determined the quantity of macro-ion free form and coefficient of ion association γ_e as a ratio of ions free form to its analytical content $\gamma_e = C_{\text{ass}} / C_{\text{an}}$.

To interpret a behavior of heavy metal in soil solution two approaches are proposed: an additional equation for microelement to the mathematical model of macro-ions; an individual

equation for microelement based on calculated quantities of macro-ions and their forms after the solution of mathematical model equations for macro-ions. The latter approach is reasonable because the quantity of microelement is for 100–1000 times less of quantity of macro-ions, and on this reason the contribution of microelement into the value of soil solution ionic strength is negligible. Besides, the latter approach help to reduce the number of equations in the system of equation, thus the calculation procedure is simpler, reliability of calculation is higher.

To characterize Cd^{2+} Pb^{2+} ion's binding was proposed the ratio of heavy metal ion's association degree – the coefficient of association $k_{\text{as Me}}$. To To characterize Sr^{2+} ion association an additional equation for Sr^{2+} was included to material balance equation system.

The models were tested on the data of laboratory and field experiment in Krasndar kroi, chernozem common, phosphogypsum utilization at dose of 10–40 t ha⁻¹ in the soil layer of 20–50, 30–60 cm. According to the model, the molar fractions of associated calcium and magnesium are 2.0–6.1% (Ca^{2+}) and 1.4–6.6% (Mg^{2+}), carbonate and sulfate – 27.7–57.7%, 6.3–12.9%. The Cd^{2+} association coefficient is of 0.919–1.243. The association coefficient of Pb^{2+} is 25.193–31.207. At the phosphogypsum dose of 40 t/ha the molar fraction of the active concentration of free ions is: Cd^{2+} – 28.0–38.1%; Pb^{2+} – 3.66–5.06. The level of the Sr^{2+} ion binding into associates in original soil is 1.5%, after apply of phosphogypsum increases respectively to dose for 12.5; 15.0; 19.3%. The activity of the Sr^{2+} ion in the control variant is 83.3%, after apply of phosphogypsum it is of 60.4%; 55.6%; 48.4% respectively.

The recycling of phosphogypsum in soil is ecology safe, concentration of heavy metals supplied to the soil with phosphogypsum are lower than Clark. Utilization of pollutant increases the soil fertility, ensures the environmental stability of soil and landscape, gives high biological production of soil and recreational result.

Keywords: soil solution, ion's association, heavy metals, mathematical model, phosphogypsum, utilization, soil reclamation.

Introduction

The anthropogenic impact causes different adverse effects on environment (1, 2, 3). The natural and anthropogenic heavy metals (HMs) badly influence the biosphere (4–6). It is important cause, which leads to conflicts of biosphere and agroecosystems (7). There are direct and comparative expert (estimated) approach to HMs limitation in soil. HM is most dangerous in water-diluted form. Maximum permissible concentrations are: for drinking water the Cd (MPC) is 0.001 mg l⁻¹ (8), Pb in soil 32 mg kg⁻¹ soil dry weight (DW) [9]; Sr in water 7 mg l⁻¹ [10]. Of great Importance is aspect of drivers of HMs and another chemicals water transfer in soil, vadose zone, aquifers, landscape, catchment basin [11–29], even selective chemical extraction of HMs from soil [30]. The contents of total and water-soluble HMs forms in the original soil are linked to its geographical location, ionic composition of soil solution, genesis. The distribution of Cd was found in the UK by Soil and Herbage Survey (SHS) for urban soils, with a range of 0.1 to 2.39 mg kg⁻¹ soil dry weight (DW) and a mean of 0.44 mg kg⁻¹ soil DW [31]. Limits of the total and water-soluble HMs content in soil differs in the world. In Russia they are most strict [32]. Usually, the content of total and water-soluble HMs in Russia does not exceed the limits [33–37]. For example, limit for Cd^{2+} in soil are 0.8–5.0 mg kg⁻¹ soil dry weight (DW), including MPC or soil limit of 0.8–1.0 mg kg⁻¹ soil DW [10, 15, 38–41]. The maximum in the world recommended (MPC) of Cd in the soil is 5 mg kg⁻¹ DW [42]. The limit of Cd for Residential Land use is 10 mg kg⁻¹ DW [31]. Intervention value of Cd in the soil is set of 12 mg kg⁻¹ DW [38]. The limit of Cd for commercial purposes of land use is 230 mg kg⁻¹ DW [31]. The same is approach to limiting the Pb, Sr. Higher values of HMs content may reflect anthropogenic influences. The average content of Cd has been estimated to be 0.53 mg kg⁻¹, range varies from < 0.01 to 14.2 mg kg⁻¹. According to EU recommendations, soil treated with sewage sludge should not contain more than 3 mg kg⁻¹ Cd. The median total Pb content (ICP-MS analysis) in soil is 41.0 mg kg⁻¹, the range varies from 0.80 to 536 mg kg⁻¹. The Sr content in soil is highly controlled by parent rocks and climate and, therefore, its concentrations is 89 mg kg⁻¹, range from 6 to 3120 mg kg⁻¹ [43]. Limits of detection and quantification of HMs can vary due to the sample matrix and the range, sensitivity, set-up of the instrumentation being used [3].

In biosphere the need is strong for HMs passivation and removing [44, 45]. Minerals can passivate HMs [46]. The technology increases the level, uncertainty and danger of HMs for

biosphere. Anthropogenic pollution of Cd in fertilizers strongly depends on the origin of phosphate rock [47].

The anthropogenic pollutant phosphogypsum, the waste of most common production process of phosphate fertilizer production based on wet acid digestion of the phosphate rock with sulphuric acid technology, contains more than 60 chemical elements, including HMs as well. In the Russian Federation a phosphate fertilizer is produced from apatite of the Kovdor phosphate rock deposit. The practice of phosphogypsum utilization is the same to the every chemical plant in the world – in concentrated waste repository, tailing of the chemical plant. This is hazardous in terms of further ingress of pollutants into the soils, waters, landscapes and biosphere as a whole. Phosphogypsum terricones unfavorably affect the vast adjacent areas because of aeolian transfer; they abruptly deteriorate the areas for habitation, violate its attractiveness, It causes a long-term pollution of air, land and water systems. Ecology, health and recreational quality of landscape reduced.

The Kovdor apatite is almost nonradioactive, and its ingredients are authorized to be used as the feed additives for livestock, therefore, phosphogypsum is radioactively safe for soil reclamation purposes [48, 49]. Worldwide phosphogypsum generation is estimated to be around 100–280 Mt per year. Applying for soil reclamation the phosphogypsum is a source of additional HM input into the soil. Potential accumulation of HMs in the soil after application of phosphogypsum was noted but significant changes in the natural contents of HMs were not observed at application of phosphogypsum at recommended doses around 10 t ha⁻¹ both immediately after reclamation, and in the long-term sequence of soil reclamation [50–53].

At the Belorechensk chemical plant the phosphogypsum is a by-product. The water version of end-of-pipe technology is used for waste utilization: removal of phosphogypsum includes neutralization of its acid residue with lime milk, transportation of pulp to open sludge collectors. It constitutes an environmental danger as a source of surface and soil – vadoze zone runoff of pollutants to the Belaya River basin.

The HMs transfer into the plant through the trophic chains is important task. The studies were performed using methods of soil science, hydrochemistry, and physical chemistry.

Commonly used models to predict HMs bioavailability consider the free ion as the major bioavailable species. But dissolved trace metals are present in the environment as free ions and as complexes. HMs mobility in soil and thus its availability to enter the plant root system is decreased by ion association and complex ions formation. The degree of HMs passivation into the soil is conjugated to its activity in the process of ion association in soil solution. It is substantiated on the base of theoretical thermodynamics of electrolytes [54–72].

In our previous research environmentally safe application rates 10 t ha⁻¹ of phosphogypsum to solonchic soils were experimentally determined, theoretically substantiated, and recommended for practice [33, 73]. At the same time, the practice of phosphogypsum application to chernozems for solving the problem of phosphogypsum's utilization is still of no wide use. In particular, it is because of the possible contamination of agricultural products with potentially hazardous elements, especially at high application rates of phosphogypsum to the chernozem soil.

It was found that the pH of the soil higher than 7 units reduces the transfer of HMs to plant significantly. The possibilities of biological barriers for HMs can be strengthened by the methods of HMs passivation into the soil. Exclusion of HMs transfer to plants is linked to biological barriers – the content of HMs in plant's biomass is as a rule low, even at high total content in the soil [74, 75].

One of the factors is most important chemical equilibrium in soil solutions – carbonate calcium equilibrium (CCE) [61]. CCE depend on, and, in its turn, influences the chemical composition, pH, Eh, buffering properties of liquid phase, dissolution, migration, precipitation of carbonates in the soil profile and landscape, ion exchange processes at the interface of solid and liquid phases. The carbonate system of water solution is under the influence of biological process, soil-atmosphere gas exchange, partial pressure and seasonal cycles of CO₂ [76]. The mineralization of soil solution varies because of geological and biological composition of the local biogeosystem, regional and local water-mass-transfer, wetting and drying circles of the soil, biological process in the soil. Carbonate calcium equilibrium is important for proper modeling of the HMs state and transfer in soil [77–79]. The higher is ionic strength of solution, the more ions pass to form of ion's associates.

In the soil solution are formed electrically neutral ion pairs CaCO_3° , CaSO_4° , MgCO_3° , MgSO_4° , charged ion pairs CaHCO_3^+ , MgHCO_3^+ , NaCO_3^- , NaSO_4^- , CaOH^+ , MgOH^+ . The interrelation between associated ions in soil solution is much more diverse comparing to water systems [80–86].

Carbonate-calcium equilibrium of the soil solution is important for understanding the origin of soil pollution. The soil solution is the most mobile, volatile and active part of the Pedosphere. Soil solution composition varies. In the soil solution are observed the destruction and synthesis of secondary minerals, organic substances, organomineral compounds [87–89].

CCE system of soil solution is an adsorption-hydration balance between solution, gas phase, bioorganic phase. This balance includes step dissociation of carbonic acid; calcium carbonate-equilibrium between solution, soil absorbing complex, sediments of CaCO_3 and solid phase, the ion equilibrium of water. An important characteristic of the CCE is a degree of saturation of solution with CaCO_3 . The deposition or dissolution of CaCO_3 caused by receipt or removal of Ca^{2+} , HCO_3^- and CO_3^{2-} from solution, as well as carbonate equilibrium shift, influence the ionic composition of the soil solution and determine the type of migration and accumulation of various forms of carbonate forms through the soil profile.

The analytical composition of solution rather adequately characterizes the chemical system at a low concentration of the main ions in diluted solution. The measure of real participation of salts and separate ions in soil chemical reactions is their activity.

The transfer rate of HMs to the plant depends on the content of carbonates in the soil as well as on the pH value. The thermodynamic activity of HM free ion decreases because the HM ion bound into associates with other ions.

The goal of this work is to characterize quantitatively the thermodynamic state of HMs in soil solutions of not saline ordinary chernozem before and after application of different doses of phosphogypsum, to assess on the basis of soil water extract data and extrapolate the degree of HMs passivation at utilization of phosphogypsum for soil reclamation.

Objects and Methods

Study Area – the South of the Russian Federation, Krasnodar krai, Rostov oblast.

Object of research – the steppe non-saline slightly frozen chernozem calcareous ordinary of the south-European facies of the northern zone of the Krasnodar krai and frozen chernozem calcareous ordinary of the south-European facies of the Rostov oblast.

Krasnodar krai: the climate is continental, semiarid, annual precipitation of 450–550 mm. The parent rocks are Carbonate and Carbonate-sulfate loess-like loam and clay. The chernozem common is thick, not solonized, humus 4.2%, physical clay 49.3%, clay 31.3%, CaCO_3 0.14% (up to 3–6% at the depth of 1,3–1,6 m), pH = 7.6, exchangeable cations: Ca^{2+} – 342 mmol kg^{-1} , Mg^{2+} – 27 mmol kg^{-1} , Na^+ – 6 mmol kg^{-1} .

Rostov oblast: the climate is continental, arid, annual precipitation of 350–450 mm, the parent rocks are Carbonate and Carbonate-sulfate loess-like loam and clay. The chernozem common is moderately thick, low solonized, humus 3.6%, physical clay 47.7%, clay 29.5%, CaCO_3 0.15% (up to 3–10% at the depth of 0,8–1,5 m), pH = 7.8, exchangeable cations: Ca^{2+} – 282 mmol kg^{-1} , Mg^{2+} – 55 mmol kg^{-1} , Na^+ – 14 mmol kg^{-1} .

Sampling and Analysis of Soil

The soil sections have been made in autoromorphic landscape. Soil species were sampled from the soil profile section wall.

Soil solution from chernozem was obtained by water extracts (soils 1: water 5). Chemical elements in soil solution were determined by conventional widely accepted analytic methods. To determine the content of macro-ions and microelements were used the most common soil sampling and analytical procedures for measuring concentrations of elements in biological samples by standard chemical methods and atomic absorption spectroscopy (AAS) and inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP/AES) [12, 14, 34, 91–93].

The thermodynamic state of the main ions of salt composition of a soil system before and after apply of phosphogypsum neutralized to pH 5.0–5.3 was studied in a model experiments. Phosphogypsum was applied to the soil at rates of 10, 20, and 40 t/ha. Phosphogypsum is a by-product of the phosphorus fertilizer production by sulfuric acid technology from the Kovdor apatite

raw material deposit at the Belorechensk chemical plant in accord to Russian state standards [94, 95]. The total content of Cd, Pb, Sr in phosphogypsum is lower of every kind of limitations [36]

The experiments were performed in triplicate.

Mathematical models

The calculation of ion equilibriums in salt solutions was based on the concepts of physical chemistry using ion concentrations by the presented below method of ion pairs.

To interpret a behavior of HMs in soil solution the two approaches are proposed: an additional equation for microelement to the mathematical model of macro-ions; an individual equation for microelement based on calculated quantities of macro-ions and their forms after the solution of mathematical model equations for macro-ions. The latter approach is reasonable because the quantity of microelement is for 100–1000 times less of quantity of macro-ions, and on this reason the contribution of microelement into the value of soil solution ionic strength is negligible. Besides, the latter approach help to reduce the number of equations in the system of equation, thus the calculation procedure is simpler, reliability of calculation is higher.

Approach 1

The determination of concentrations of CO_3^{2-} and HCO_3^- in soil is linked to the alkalinity effects of other ingredients of solution. It is a cause of analytical distortion. The total concentrations of ions CO_3^{2-} and HCO_3^- can be found by calculation from the total alkalinity Alk_Σ , pH , and the second-step dissociation constant of carbonic acid $K^o(HCO_3)$. Equations (1), (2):

$$(CO_3^{2-})_A = 0,94Alk_\Sigma 10^{-3} / (2 + aH^+ + y''(K^o(HCO_3) y')^{-1}), \quad (1)$$

$$(HCO_3^-)_A = 0,94Alk_\Sigma 10^{-3} - 2(CO_3^{2-})_A, \quad (2)$$

where 0.94 is the coefficient accounting the contribution of carbonate alkalinity to the total alkalinity [34]; y' is the activity coefficient of the singly-charged particle (free ion or its associate); and y'' is the activity coefficient of the double-charged particle.

After phosphogypsum apply, the content of Cd^{2+} , Pb^{2+} , Sr^{2+} in soil were determined as the sum of contents of corresponding metal forms in original soil and the addition content of HMs in phosphogypsum according the application dose.

The equilibrium compositions of the main ionic forms in solution of water extract at 25°C were calculated using ION-2 program [96–99]. The algorithm was realized on the basis of the mass balance equation system for main ions and the concentration stability constants for associates $CaCO_3^o$, $CaHCO_3^+$, $CaSO_4^o$, $MgCO_3^o$, $MgHCO_3^+$, $MgSO_4^o$, $NaCO_3^-$, and $NaSO_4^-$.

On the basis of analytical data were calculated the forms of main ions in the soil solution according the Method of Ionic Pairs (MIP) [54–72, 100–102]: the law of initial concentration preservation, the law of the operating masses of chemical equilibrium system.

The concentration was calculated of free and associated forms of ions according to the sum of ion's analytical concentration. To carryout the calculation were used: iteration to solve the system of algebraic equations of the material balance of ions; linear interpolation to calculate the values of tabulated equilibrium constants according calculated data.

The equations of main ions material balance are as follows. Equations (3–8):

$$\Sigma Ca^{2+} = [Ca^{2+}] + [CaCO_3^o] + [CaHCO_3^+] + [CaSO_4^o] \quad (3)$$

$$\Sigma Mg^{2+} = [Mg^{2+}] + [MgCO_3^o] + [MgHCO_3^+] + [MgSO_4^o] \quad (4)$$

$$\Sigma Na^+ = [Na^+] + [NaCO_3^-] + [NaSO_4^-] \quad (5)$$

$$\Sigma CO_3^{2-} = [CO_3^{2-}] + [CaCO_3^o] + [MgCO_3^o] + [NaCO_3^-] \quad (6)$$

$$\Sigma \text{HCO}_3^- = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CaHCO}_3^+] + [\text{MgHCO}_3^+] \quad (7)$$

$$\Sigma \text{SO}_4^{2-} = [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{CaSO}_4^0] + [\text{MgSO}_4^0] + [\text{NaSO}_4^-] \quad (8)$$

where, $[\text{Ca}^{2+}]$, $[\text{Mg}^{2+}]$ – the equilibrium concentration of the free form of ion, $[\text{CaCO}_3^0]$, $[\text{MgCO}_3^0]$, – equilibrium concentration of ion in associated form (ion pair).

For groups of cation the concentration constants of ionic pair dissociation follow the law of operating masses. Equations (9–11):

$$K_{\text{CaCO}_3} = \frac{[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{CaCO}_3^0]}, \quad K_{\text{CaHCO}_3} = \frac{[\text{Ca}^{2+}][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CaHCO}_3^+]}, \quad (9)$$

$$; K_{\text{CaSO}_4} = \frac{[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{CaSO}_4^0]}$$

$$K_{\text{MgCO}_3} = \frac{[\text{Mg}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{MgCO}_3^0]}, \quad K_{\text{MgHCO}_3} = \frac{[\text{Mg}^{2+}][\text{HCO}_3^-]}{[\text{MgHCO}_3^+]}, \quad (10)$$

$$K_{\text{MgSO}_4} = \frac{[\text{Mg}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{MgSO}_4^0]}$$

$$K_{\text{NaCO}_3} = \frac{[\text{Na}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{NaCO}_3^-]}, \quad K_{\text{NaSO}_4} = \frac{[\text{Na}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{NaSO}_4^-]}. \quad (11)$$

The equilibrium concentration of ionic pair was replaced in equations (3–8) with its value according to relevant dissociation constant from equations (9–11). The system of equations of material balance of ions was transformed as follows. Equations (12–17):

$$\Sigma \text{Ca}^{2+} = [\text{Ca}^{2+}] \left(1 + \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{K_{\text{CaCO}_3}} + \frac{[\text{MgCO}_3^-]}{K_{\text{CaHCO}_3}} + \frac{[\text{SO}_4^{2-}]}{K_{\text{CaSO}_4}} \right) \quad (12)$$

$$\Sigma \text{Mg}^{2+} = [\text{Mg}^{2+}] \left(1 + \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{K_{\text{MgCO}_3}} + \frac{[\text{HCO}_3^-]}{K_{\text{MgHCO}_3}} + \frac{[\text{SO}_4^{2-}]}{K_{\text{MgSO}_4}} \right) \quad (13)$$

$$\Sigma \text{Na}^+ = [\text{Na}^+] \left(1 + \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{K_{\text{NaCO}_3}} + \frac{[\text{SO}_4^{2-}]}{K_{\text{NaSO}_4}} \right) \quad (14)$$

$$\Sigma \text{CO}_3^{2-} = [\text{CO}_3^{2-}] \left(1 + \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{K_{\text{CaCO}_3}} + \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{K_{\text{MgCO}_3}} + \frac{[\text{Na}^+]}{K_{\text{NaCO}_3}} \right) \quad (15)$$

$$\Sigma \text{CO}_3^- = [\text{HCO}_3^-] \left(1 + \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{K_{\text{CaHCO}_3}} + \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{K_{\text{MgHCO}_3}} \right) \quad (16)$$

$$\Sigma \text{SO}_4^{2-} = [\text{SO}_4^{2-}] \left(1 + \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{K_{\text{CaSO}_4}} + \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{K_{\text{MgSO}_4}} + \frac{[\text{Na}^+]}{K_{\text{NaSO}_4}} \right) \quad (17)$$

According to Davies equation for constant the concentration constant of dissociation in equations (12–17) was recalculated. Equation (18):

$$pK = pK^0 - A\Delta Z^2 \left(\frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} - 0,11 \right) \quad (18)$$

where in K – concentration constant of dissociation of ionic couple; K^0 – the corresponding thermodynamic constant; A – Debye-Huckel constant 0,5042 at 20°C; ΔZ^2 – the algebraic sum of squares of a charge of the particles in the equation of dissociation constant; I – ionic strength of solution.

The calculated with equation (18) value of pK corresponds to [55, 56, 58, 62]. Thermodynamic equilibrium constants of dissociation as follows [56, 102]:

$$\begin{aligned} pK^0(\text{CaCO}_3) &= 3,2; pK^0(\text{CaHCO}_3) = 1,26; pK^0(\text{CaSO}_4) = 2,31; \\ pK^0(\text{MgCO}_3) &= 3,4; pK^0(\text{MgHCO}_3) = 1,16; pK^0(\text{MgSO}_4) = 2,36; \\ pK^0(\text{NaCO}_3) &= 1,27; pK^0(\text{NaSO}_4) = 0,72. \end{aligned}$$

The formal ionic strength of soil solution was calculated on the data of analytical ion concentration. Equation (19):

$$\begin{aligned} I &= 0,5[2^2(\text{Ca}^{2+}) + 2^2(\text{Mg}^{2+}) + (\text{Na}^+) \\ &+ 2^2(\text{CO}_3^{2-}) + (\text{HCO}_3^-) + \\ &+ 2^2(\text{SO}_4^{2-}) + (\text{Cl}^-)], \text{mol / l} \end{aligned} \quad (19)$$

The equilibrium concentrations of ion's free forms were designated as unknown values of the equations system. The analytical concentration of all ion forms was used as a total value of every chemical element. The system was obtained of six equations with six unknown.

The iteration was used to find out the value of the equilibrium concentrations of free ions. The equilibrium concentrations of ion pairs were determined according equations for dissociation constants (9–11).

The effective ionic force of solution was calculated taking according the values of equilibrium concentration of all ion forms. Equation (20):

$$\begin{aligned} I^* &= 0,5 \left\{ 2^2[\text{Ca}^{2+}] + 2^2[\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] \right. \\ &\quad \left. + 2^2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + 2^2[\text{SO}_4^{2-}] + \right. \\ &\quad \left. + [\text{CaHCO}_3^+] + [\text{MgHCO}_3^+] + [\text{NaCO}_3^-] \right. \\ &\quad \left. + [\text{NaSO}_4^-] + [\text{Cl}^-] \right\}, \text{mol / l} \end{aligned} \quad (20)$$

As a result of the first step of iteration procedure were calculated the concentration constants of dissociation (18). The new system was obtained of equations of material balance. On the new set of the system ingredients made the next iteration of (12–17).

By the iteration sequence calculated the ion forms in soil solution.

The coefficient of ion association γ_e proposed as a ratio of ion free form to its analytical content. Equation (21):

$$\gamma_e = C_{\text{ass}} / C_{\text{an}} \quad (21)$$

where, C_{ass} – calculated ion content in solution taking into account its association with another ions, C_{an} – analytical concentration of an ion.

The thermodynamic equilibrium constants were converted to the corresponding concentration constants using the activity coefficients (γ) of free ions and associates. The activity coefficients were determined by Davis equation [57]:

$$-\lg \gamma = Az^2 \left(\frac{\sqrt{\mu^*}}{1 + \sqrt{\mu^*}} - 0,2\mu^* \right) \quad (22)$$

where the coefficient A depends on temperature; at 25°C, $A = 0.5085$; z is the charge of the particle (ion or associate); μ^* is the effective ionic strength of the solution.

The total and water-soluble forms contents of the Cd^{2+} , Pb^{2+} , Sr^{2+} in original soil were taken using the reported data as an upper limit of variation ranges [1, 5, 13]. The molar fractions of free and associated ions are the universal characteristics of the thermodynamic state of a microelement (or HM) in soil solution. The adequate model synthesis of thermodynamic state of soil solution requires for analytical quantification of the main ions in the solution, the data of water extracts were used for calculation in the considered model approximation. Cd^{2+} , Pb^{2+} , Sr^{2+} compounds in soil are of rather high solubility. The solubility of Cd^{2+} less depends on the pH of solution than solubility of Pb^{2+} [35].

The content of Cd^{2+} , Pb^{2+} , Sr^{2+} in soil is less than contents of macro-ions, so there is no need to include the equation for microelement into the system of equations for macroions. The obtained equilibrium concentrations of free anions $[\text{CO}_3^{2-}]$, $[\text{HCO}_3^-]$, $[\text{SO}_4^{2-}]$, $[\text{Cl}^-]$, and $[\text{OH}^-]$ were used for the calculation of soluble Cd^{2+} and Pb^{2+} forms contents in water extracts from the mass balance equations [35]:

$$\text{Cd}^{2+} = [\text{Cd}^{2+}] \{ 1 + [\text{CO}_3^{2-}](K(\text{CdCO}_3))^{-1} + [\text{HCO}_3^-](K(\text{CdHCO}_3))^{-1} + [\text{SO}_4^{2-}](K(\text{CdSO}_4))^{-1} + [\text{Cl}^-](K(\text{CdCl}))^{-1} + [\text{OH}^-](K(\text{CdOH}))^{-1} \} \quad (23)$$

$$\text{Pb}^{2+} = [\text{Pb}^{2+}] \{ 1 + [\text{CO}_3^{2-}](K(\text{PbCO}_3))^{-1} + [\text{CO}_3^{2-}]^2(K(\text{Pb}(\text{CO}_3)_2))^{-1} + [\text{HCO}_3^-](K(\text{PbHCO}_3))^{-1} + [\text{SO}_4^{2-}](K(\text{PbSO}_4))^{-1} + [\text{Cl}^-](K(\text{PbCl}))^{-1} + [\text{OH}^-](K(\text{PbOH}))^{-1} + [\text{OH}^-]^2(K(\text{Pb}(\text{OH})_2))^{-1} \} \quad (24)$$

The thermodynamic equilibrium constants of the associates CdCO_3^0 and CdHCO_3^+ were determined according to Sposito [62, 100]:

$$\text{pK}^0(\text{CdCO}_3) = 4,23; \text{pK}^0(\text{CdHCO}_3) = 2,261,$$

and according to [48, 102]:

$$\text{pK}^0(\text{CdSO}_4) = 2,11; \text{pK}^0(\text{CdCl}) = 2,05 \text{ и } \text{pK}^0(\text{CdOH}) = 6,08$$

The transformation of Eqs. (23), (24) gives the equations for calculation of the mobile fractions of free and associated Cd^{2+} forms in the soil water extracts. The transformations allow increasing the model of HM behavior in soil approach to local pedogenesis conditions.

The set of associates was selected considering the inorganic part of soil solution composition determined on the data of the soil water extracts. The instability constants of chemical compounds were used from [48, 56, 57, 100, 102].

The unstable associates were not considering. In the soil solution, the organic matter of soil forms the protonic complexes with salt cations, but these complexes are significant only at high content of organic matter in the soil under specific conditions. For the soil considered the complexes of organic matter with salt cations are not significant. Moreover – being taken into account in the Eqs. (5), the organic complexes in soil solution cause a reduced calculated concentrations of the free Cd^{2+} ions, so Cd^{2+} association and complexation will be even lower than those obtained from our model.

Using Eqs. (23) the total concentrations of Cd^{2+} were calculated by Eqs. (24)–(27) for the studied object. In Eqs. (24)–(27) the total concentrations of Cd^{2+} are given. When phosphogypsum application, the concentrations of the main ions and (hence - Cd^{2+}) in Eqs. (25)–(27) change.

The trace element at comparatively high concentration in soil is potentially hazardous HM. At low concentration it can be considered as a microelement. In natural waters the HMs are binding in associates and hydroxocomplexes.

The degree of ion's binding depends on the values of thermodynamics instability constant of compound and concentration of main ions. In general, ion's binding can be characterized with ratio of heavy metal ion's association degree by the formula:

$$k_{as(TM)} = \sum_{i=1}^n [An_i] (K_{TMAn_i})^{-1} \quad (25)$$

The essence of term “coefficient of association k_{as} ” is considered in a framework of electrolytes and surface waters thermodynamics on the vast basis of objective data of experiments in vitro and in situ [36].

Given the $k_{as(ME)}$ the final version of the HM model – Eqs. (5) could be written as

$$C_{(ME)} = (1 + k_{as(ME)}) [C_{(ME)}], \quad (26)$$

where $C_{(ME)}$ is the total concentration of microelement in the solution, and $[C_{(ME)}]$ is the equilibrium concentration of free microelement ion.

In our research the value of heavy metal ion's association degree ratio for Cd^{2+} was calculated from equation:

$$k_{as(Cd)} = [\text{CO}_3^{2-}](K_{\text{CdCO}_3})^{-1} + [\text{HCO}_3^-](K_{\text{CdHCO}_3})^{-1} + [\text{SO}_4^{2-}](K_{\text{CdSO}_4})^{-1} + [\text{Cl}^-](K_{\text{CdCl}})^{-1} + [\text{OH}^-](K_{\text{CdOH}})^{-1}; \quad (27)$$

Using coefficient of ion association, the molar fractions of free and bounded Cd^{2+} can be calculated as follows:

$$\begin{aligned} v_{\text{free}} &= 1/(1 + k_{as(ME)}) \cdot 100, \% \\ v_{\text{bound}} &= 100 - v_{\text{free}}. \end{aligned} \quad (28)$$

$$v_{\text{Cd}} = 100/(1 + k_{as(Cd)}), \%; \quad v_{\text{Cd(as)}} = 100 - v_{\text{Cd}}, \%; \quad (29)$$

Approach 2

The model for the Sr is the same to the above interpreted model from the chemical thermodynamic point of view. The difference is in calculation procedure only. In the model for Cd and Pb the equation for macro elements is used. In the model for the Sr a cooresponding equation is included into the system of chemical material balance equation. The model for the Sr is as follows:

$$(\text{Ca}^{2+}) = [\text{Ca}^{2+}] [1 + [\text{CO}_3^{2-}][K(\text{CaCO}_3^0)]^{-1} + [\text{HCO}_3^-][K(\text{CaHCO}_3^+)]^{-1} + [\text{SO}_4^{2-}][K(\text{CaSO}_4^0)]^{-1}], \quad (30)$$

$$(\text{Mg}^{2+}) = [\text{Mg}^{2+}] [1 + [\text{CO}_3^{2-}][K(\text{MgCO}_3^0)]^{-1} + [\text{HCO}_3^-][K(\text{MgHCO}_3^+)]^{-1} + [\text{SO}_4^{2-}][K(\text{MgSO}_4^0)]^{-1}], \quad (31)$$

$$(\text{Sr}^{2+}) = [\text{Sr}^{2+}] [1 + [\text{CO}_3^{2-}][K(\text{SrCO}_3^0)]^{-1} + [\text{HCO}_3^-][K(\text{SrHCO}_3^+)]^{-1} + [\text{SO}_4^{2-}][K(\text{SrSO}_4^0)]^{-1}], \quad (32)$$

$$(\text{CO}_3^{2-}) = [\text{CO}_3^{2-}] [1 + [\text{Ca}^{2+}][K(\text{CaCO}_3^0)]^{-1} + [\text{Mg}^{2+}][K(\text{MgCO}_3^0)]^{-1} + [\text{Sr}^{2+}][K(\text{SrCO}_3^0)]^{-1} + [\text{Na}^+][K(\text{NaCO}_3^-)]^{-1}], \quad (33)$$

$$(\text{HCO}_3^-) = [\text{HCO}_3^-] [1 + [\text{Ca}^{2+}][K(\text{CaHCO}_3^+)]^{-1} + [\text{Mg}^{2+}][K(\text{MgHCO}_3^+)]^{-1} + [\text{Sr}^{2+}][K(\text{SrCO}_3^0)]^{-1}], \quad (34)$$

$$(\text{SO}_4^{2-}) = [\text{SO}_4^{2-}] [1 + [\text{Ca}^{2+}] [\text{K}(\text{CaSO}_4^0)]^{-1} + [\text{Mg}^{2+}] [\text{K}(\text{MgSO}_4^0)]^{-1} + [\text{Sr}^{2+}] [\text{K}(\text{SrSO}_4^0)]^{-1} + [\text{Na}^+] [\text{K}(\text{NaSO}_4^-)]^{-1}], \quad (35)$$

where (Sr^{2+}) – the total concentration of ion, $[\text{Sr}^{2+}]$ – the equilibrium concentration of the free form of ion, other ingredients of equations (30–35) are the same to (3–24).

Other equations and a method of constant's determining for the equation system (30–35) are the same to the text hereinabove.

The weight fractions of the water-soluble Pb^{2+} forms of 5.6% of its total content in the chernozem from the Krasnodar krai, of 4.2% in the chernozem from the Rostov oblast, weight fraction of water-soluble Cd^{2+} 14.5 and 14.0%, respectively, were taken to carry out the calculations.

The thermodynamic properties of soil solutions depend on association of ions, prematurely, association of the main ions (macroions) because these ions give the most contribution to the value of solution's ionic force. In result of ion association, is observed a decrease of ion free forms concentration, the real ionic strength of soil solution becomes less, the activity coefficients of singly-charged (y') and double-charged (y'') ions is higher comparing the state of solution when all ions are in free form. The stability constants of associates and complexes in the soil solution change in their turn. In general, we should expect that the solubility of solution's components at ionic strength of 0.01–1.0 do not matches the thermodynamic solubility product for ideal solution. The elements remain in solution in soluble form of free and associated ions. But, nevertheless, despite of relatively reduced rate of ionic strength growth, its value and ion's activity coefficients reduce. Simultaneously, the mobility of ions reduced too, but remains much higher comparing assessment not accounting the association of ions.

Results and discussion

The chernozem soil both of Krasnodar krai and of Rostov oblast before the application of phosphogypsum has a calcium chloride composition of soil solution.

The composition of water extract $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na}$ (calcium water group) is the same both before and after the phosphogypsum application. After the application of neutralized phosphogypsum, the pH of water extracts decreases by 0.23–0.26 units, the soil solution become calcium sulfate.

On the basis of analytical data the forms were calculated of main ions in soil solution according the thermodynamical model, Equations (1–22). The result of calculation shows that in native chernozem calcareous ordinary the forms of main ions in soil solution are bound into associates at low degree according the effective ionic strength of solution only 0.001814. The activity coefficient of single-charged ion is 0.9537 – close to 1. The activity coefficient of double-charged ion is 0.8272. The molar fractions of calcium and magnesium associates are low: 2.0–6.1% (Ca^{2+}) and 1.4–6.6% (Mg^{2+}).

Even at low ionic strength of solution, the association of the anions in chernozem is significant comparing cations. The molar fraction of associated carbonate ion is 27.7–57.7%, associated sulfate ion – 6.3–12.9%.

According to increase of phosphogypsum dose, the ionic strength of solution become higher (10 t/ha phosphogypsum – $\mu^* = 0.007702$; $y' = 0.9115$; $y'' = 0.6902$; 20 t/ha phosphogypsum – $\mu^* = 0.01036$; $y' = 0.8997$; $y'' = 0.6551$; 40 t/ha phosphogypsum – $\mu^* = 0.01715$; $y' = 0.8826$; $y'' = 0.6069$) the molar fractions of associated ions in the soil solution of chernozem increase. The cation associates are up to 21.8–20.6% (Ca^{2+}) and 18.5–22.4% (Mg^{2+}). The carbonate associates increase up to 64.7–78.2%, sulfate associates – up to 22.5–29.2%.

At application of maximum phosphogypsum dose of 40 t ha⁻¹ was observed the maximum increase of total contents Pb by 4.9%, Cd by 19.8%, and of the water-soluble forms – 4.2; 16.6% respectively.

The maximum coefficient of association of Cd^{2+} is of 0.919 in original soil of Krasnodar krai, 1.243 in original soil of Rostov oblast. The association of Cd^{2+} is obvious. The association coefficient of Pb^{2+} ions is 25.193 for the chernozem from the Krasnodar krai and 31.207 for the chernozem from the Rostov oblast.

Mostly, Cd^{2+} ion is bound into hydroxo-complexes CdOH^+ , molar fraction 42.2 for Krasnodar krai, 46.4% for Rostov oblast. Smaller amount of Cd^{2+} ion is bound into hydrocarbonate associates CdHCO_3^+ (3.2%) or chloride associates CdCl^+ (4.5%). The molar fraction of the active concentration

of free Cd^{2+} ions at the phosphogypsum dose 40 t/ha is 38.1 for Krasndar krai, 28.0% for Rostov oblast. The major part of the bound ions Pb^{2+} occurs in the form of PbOH^+ and $\text{Pb}(\text{OH})_2^0$ hydroxo complexes, molar fraction 85.2 for Krasndar krai, 89.0% for Rostov oblast. The carbonate associates $\text{PbCO}_3^0 + \text{Pb}(\text{CO}_3)_2^{2-}$ and the hydrocarbonate associates PbHCO_3^+ are less in quantity 8.7, 5.9; 2.1, 1.6, accordingly, their content is lower than that of hydroxo complexes by 9.8–15.2 times. The molar fraction of the active concentration of free Pb^{2+} ions at the phosphogypsum dose 40 t/ha is 5.06 for Krasndar krai, 3.66% for Rostov oblast.

The mathematic thermodynamical model for Sr in small details differs from the model for Cd and Pb. But the thermodynamic approach is the same, as well as a thermodynamic essence of result. The model was tested on the data of field experiment in Krasndar krai, chernozem common. The calculated level of the Sr^{2+} ion binding into associates in the original soil is 1.5%, after apply of phosphogypsum increases respectively to dose for 12.5; 15.0; 19.3%. The calculated activity of the Sr^{2+} ion in the control variant is 83.3%, after apply of phosphogypsum it is of 60.4%; 55.6%; 48.4% respectively.

The environment risk of soil conditioners is linked to origin of the rock deposit. Some of the worst deposits of phosphate rock are Morocco, North Caroline, Florida, Negev Dessert. The higher is technological degree of purification of phosphate-based products such as dicalcium phosphate, monocalcium phosphate) and tricalcium phosphate, the worse is by-product environmental quality [49, 103, 104].

An important feature of Kovdor apatite is the lowest Cd total content [104]. The excellent from the environmental point of view properties of Kovdor apatite are reducing to the great extend the danger of soil pollution with phosphorus fertilizes or phosphogypsum. No the total content, nor content of water soluble form of Cd^{2+} , Pb^{2+} , Sr^{2+} in original soil, and in the soil at the doses of phosphogypsum of 10–40 t/ha do not exceed the MPC, APC, SGVs, limits of national and international content, and are not of any hazard for soil and ecosystem.

An additional conformation of this statement has been made in the field experiment. Presented in this paper model and result of calculations according the soil solution and water extract data were used as a base of experiment. In not saline soil solution is deluted – ionic force is low. But it was that even in this case a real degree of Cd^{2+} , Sr^{2+} passivation is significant, of Pd^{2+} is high [33]. The moisture in vitro of both, soil solution extracted from soil by standard method and water extract, is higher than typical water content of steep soil in situ. For low typical water content 9–16% DW in period of plat's organogenesis, the real concentration of soil solution is higher than in used in the model. At this concentration the effective ionic force of soil solution can be assessed at the high level of up to $\mu^*=0.2-0.8$. At this effective ionic force the coefficient of Cd^{2+} association can be extrapolated as 10–30 units. The value for Pb^{2+} , Sr^{2+} will be higher too. It means that plats in period of organogenesis are reliably defended from Cd^{2+} , Pb^{2+} , Sr^{2+} transfer due to passivation in soil solution according to the laws of soil solution thermodynamics.

The problem of HMs in soil is closely linked to the leaching. The more hydromorphous is landscape, the higher the danger of HMs for environment. The landscapes of Krasnodar krai and Rostov oblast are automorphic. It is additional reason to utilize the phosphogypsum for reclamation of chernozem soil without ecological adverse HMs effects. For example, if assigned dose of phosphogypsum is higher 20–30 t/ha, there is a risk of Kashin-Beck Disease [52].

At recycling of phosphogypsum in calcareous ordinary chernozems the Cd, Pb, Sr are uniformly distributed throughout the soil continuum at concentrations lower than Clark. The doses of phosphogypsum are substantiated environmentally from the thermodynamic point of view. Utilization of pollutant is safe, improves the soil fertility, ensure the ecological stability of the landscape.

Conclusions

The degree of binding of anions into associates in chernozem is significantly higher than that of cations: the molar fraction of associates is 27.7–57.7% for carbonate ion and 6.3–12.9% for sulfate ion. The application of phosphogypsum increases the associated form of cations and anions in the soil solution. For calcium and magnesium, the molar fractions of associates in the soil solution of chernozem increase up to 21.8–20.6% for Ca^{2+} and 18.5–22.4% (Mg^{2+}) at high phosphogypsum doses. The fractions of carbonate associates increase up to 64.7–78.2%, and those of sulfate associates increase to 22.5–29.2%.

The application of neutralized phosphogypsum from the Belorechensk chemical plant to the ordinary chernozem initially uncontaminated with heavy metals is environmentally permissible. Although the total content of HMs in soils increases by 10–20% at the of 40 t/ha phosphogypsum, the content of Cd, Pb, Sr does not reach adopted in different countries direct or estimated values of all existing limitation criteria: MPC, APC, SGV, soil limits and other.

Recycling of phosphogypsum in the calcareous ordinary chernozem of the southern Russia allows utilization of pollutant, increase of soil fertility, environmental stability of the soil and landscape, recreational effect.

Despite sufficient ecological safety of fertilizers and ameliorants derived from high-quality raw material – Kovdor apatite, a cumulative effect of HMs should be beared in mind.

The study of most important chemical equilibria and ionic structure of soil solution help to determine the formation and nature of chemical composition of soil.

The shortcoming of research fulfilled is the operation under the individual soil solutions from the layers of soil section. But soil continuum consists of series of vertical sections – one-dimension profiles. The layers of section and individual sections are interacting. The key problem of future research is not only to describe the state of soil solution system in individual part of soil volume at a particular moment of time but to explain the origin of metamorphisation of soil solution in time and through the soil continuum in accord to water-salt-mass transfer, concerning high soil concentration of CO₂ in situ. On this foundation the prediction of soil evolution will be proper, soil management will be better and stable.

Next problem is modeling not only the soil solution macrosystem but taking into account disperse origin of the soil and soil solution. It is because the state of water in soil is not a continuous water amount crossed by solid soil phase continuum. It is a system of discreet insulated form one another micro-water-basins on the internal surfaces of soil. This approach gives the new understanding of water-salt transfer, geochemical barrier functions and ecological properties of soil.

The idea of ions association in the soil solution helps to obtain a new glance on the processes in soil solution, soil and landscape, to consider quantitatively the equilibria model and its options for soil in vivo, undisturbed by procedures of physical modeling. The research fulfilled on example of dry steppe chestnut saline solonchik soil of Southern Russia shows dangerous for biosphere uncertainty of terrestrial carbon sink from soil to the great extend is linked to high mobility of carbon in form of carbonates in the soil solution. Concerning preferable water flows, the soil geochemical barriers for carbonates are probably less stable than in was known before.

The association of ions in soil solutions is one of the geochemical drivers promoting transformation of solution, salt and heavy metal migration and accumulation in soil disperse system, lithosphere and other geospheres. According to the mathematical model of thermodynamic state of soil solution, the HMs are to the great extend passivated in result of ion association. HMs availability for plants reduces. On the other hand, the excessive HMs sink from the soil to other parts of biosphere and geospheres is of high probability. On the base of research fulfilled it is obvious that correction of phases and stages of HMs in soil in a view of ion's association is a challenging task to stabilize the soil and landscape. Problem of the new methods of HMs passivation in a view of ion's association in soil solutions is vital [105–108].

References:

1. Sister Vladimir G., Igor' S. Tartakovsky, Andrey N. Tsedilin, Nina V. Vorobeva Transformation of Components of Human Environment Under Anthropogenic Impact // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (2). No 2. pp. 174–181. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.174
2. Rashid Saeed, Muhammad Ishfaq, Urooj Ishfaq, Zeeshan Fareed, Bushra Zulfiqar, Farrukh Shahzad Effect of Greenhouse Gases on Agriculture Production in Pakistan / // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (1). № 1. pp. 85–88. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.85
3. Kalinichenko V.P., Starcev V.F. Patent RU 2552076 C1. Method of disposal of slaughterhouse waste. IPC B09C 1/00 (2006.01) B09B 3/00 (2006.01) C09F 1/00 (2006.01) C08L 89/04 (2006/01). Registration number 2013154612 (085 276) / 17 dated 12.09.2013. Patentee: Institute of soil fertility of South Russia. Registered in the State Register of Inventions of the Russian Federation 28 April 2015. Published on 10.06.2015. Bul. №16. 9 p. : fig. 1.

4. EUGRIS <http://www.eugris.info/displayresource.aspx?r=6993>
5. Minkina T.M., G.V. Motusova, S.S. Mandzhieva, O.G. Nazarenko Ecological resistance of the soil-plant system to contamination by heavy metals // *Journal of Geochemical Exploration*. 2012.123: 33–40. doi:10.1016/j.gexplo.2012.08.021 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375674212001677>
6. Xiong Tiantian, Thibault Leveque, Muhammad Shahid, Yann Foucault, Stéphane Mombo and Camille Dumat. Lead and Cadmium Phytoavailability and Human Bioaccessibility for Vegetables Exposed to Soil or Atmospheric Pollution by Process Ultrafine Particles // *Journal of Environmental Quality* 2014 43: 5: 1593–1600 doi:10.2134/jeq2013.11.0469
7. Lidia V. Ivanitskaya, Mikhail S. Sokolov, Valery I. Glazko, No-alternative and the Factors of Social and Environmental Co-evolution of the Biosphere into the Noosphere (the Development of the Biosphere Ideas of Vernadsky) // *Biogeosystem Technique*. 2015. Vol. (3). Is. 1. pp. 29–49. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.29
8. СанПиН 2.1.4.1074-01 <http://ross-water.com/files/sanpin/file-2.pdf?1242648352> (in Russian)
9. Maximum permissible concentration of cadmium in the aquatic <http://www.net-bolezni.ru/publ/1-1-0-12> (in Russian)
10. Indicative permissible concentrations (IPC) of chemical substances in soil. Health standards. ГН 2.1.7.2042-06. http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/46/46590/ (in Russian)
11. Heavy Metals in Soils. Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability // *Environmental Pollution*. Editors: Brian J. Alloway. Volume 22 2013. ISBN: 978-94-007-4469-1 (Print) 978-94-007-4470-7 (Online)
12. Heavy Metal Soil Contamination http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053279.pdf
13. US Environment Protection Agency. Risk-Based Screening Table – Generic Tables. <http://www2.epa.gov/risk/risk-based-screening-table-generic-tables>
14. Regulatory Standards of Heavy Metal Pollutants in Soil and Groundwater in Taiwan http://sgw.epa.gov.tw/resag/Update_Data/Information8839253Nov30_01Regulatory%20Standards%20of%20Heavy%20Metal%20Pollutants%20in%20Soil_20111116.pdf
15. Land contamination: soil guideline values (SGVs) <https://www.gov.uk/government/publications/land-contamination-soil-guideline-values-sgvs>
16. National Cadmium management strategy for New Zealand Agriculture http://www.massey.ac.nz/~flrc/workshops/11/Manuscripts/Rys_2011.pdf
17. Sposito G. Green water and global food security // *Vadose Zone J.* 2013;doi:10.2136/vzj2013.02.0041.
18. Raymond A. Wuana and Felix E. Okieimen. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation // *Review Article. ISRN Ecology. International Scholarly Research Notices*. Volume 2011 (2011), Article ID 402647, 20 pages <http://dx.doi.org/10.5402/2011/402647>
19. Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Fedorov Y.A., Sushkova S.N., Burachevskaya M.V., Nevidomskaya D.G., Antonenko E.M., Kalinichenko V.P., Endovitskii A.P., Ilyin V.B., Chernenko V.V., Bakoev S.Y. Patent for invention RU №2521362 C2. Method of assessing the degree of degradation of technolandscape under chemical pollution. IPC C01B (2006.01), E02B13/00, G01N33/24. Patent holder: Institute of Soil Fertility of South Russia. Registered in the State Register of Inventions of the Russian Federation, 30 April 2014 r. Posted on 27.06.2014. Bull. Number 18. Application number 2012101597 / 20 (002163) on 17.01.12. Publication date 27.07.2013. Bull Number 21. (in Russian)
20. Shein Evgeny V., Natalia S. Kukharuk, Sofia S. Panina, Soil Water Retention Curve: Experimental and Pedotransfer Data to Forecast Water Movement in Soils // *Biogeosystem Technique*. 2014. Vol. (1). № 1. pp. 89–96. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.89
21. Shein E.V., Milanovskii E.Y., Khaidapova D.D., Nikolaeva E.I., Rusanov A.M. Mathematical models of some soil characteristics: substantiation, analysis, and using features of model parameters // *Eurasian Soil Science*. 2013. T. 46. № 5. C. 541–547. DOI: 10.1134/S1064229313050128

22. Shein E.V. Physically based mathematical models in soil science: history, current state, problems, and outlook (analytical review) // *Eurasian Soil Science*. 2015. T. 48. № 7. pp. 712–718. DOI: 10.1134/S1064229315070091
23. Pichura Vitaly I. Basin Approach to Spatial-Temporal Modeling and Neyroprediction of Potassium Content in Dry Steppe Soils. // *Biogeosystem Technique*. 2015. Vol. (4). Is. 2. pp. 172–184. DOI: 10.13187/bgt.2015.4.172 (in Russian)
24. Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A. and Pichura V.I. Basin organization of nature management for solving hydroecological problems // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2014. Vol. 39. №. 8. pp. 550–557. DOI: 10.3103/S106837391408007X
25. Lisetskii F.N., Rodionova M.E. Transformation of dry-steppe soils under long-term agrogenic impacts in the area of ancient olbia // *Eurasian Soil Science*. 2015. T. 48. № 4. pp. 347–358. DOI: 10.1134/S1064229315040055
26. Minkin M.B., Kalinichenko V.P. Intensification of melioration process on the soils of solonetz complexes by means of regulation of hydrological regime // *Soil Science*. 1981. N 11. pp. 88–99.
27. Kalinichenko V.P., Minkin M.B. Transformation of soil cover structure at irrigation // *Soil Science*. 1993. № 1. pp. 70–76.
28. Kalinichenko VP Endovitsky AP, Minkina TM, Skuratov NS, Il'in VB, Kim V.CH.-D. Management of geochemical processes in irrigated soils on the technology platform of the noosphere. // *Environmental Engineering*. 2014. № 3. pp 12–18.
29. Panina S., EV Shein. Mathematical models moisture in soil: the importance of security and experimental upper boundary condition // *Bulletin of Moscow University. Series 17: Soil*. 2014. № 3. pp. 45–50.
30. Favas Paulo, João Pratas, Maria H Gomes, V. Cala. Selective Chemical Extraction of Heavy Metals in Tailings and Soils Contaminated by Mining Activity: Environmental Implication // *Journal of Geochemical Exploration*. 12/2011; 111(3):160–171. DOI: 10.1016/j.gexplo. 2011.04.009
31. ENVIRONMENT AGENCY, 2009. Soil Guideline Values for cadmium in soil Science Report SC050021 / Cadmium SGV. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/313899/SCH00709BQRO-e-e.pdf
32. Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in drinking water bodies for community water use. Hygienic standards GN 2.1.5.1315-03. <http://www.dioxin.ru/doc/gn2.1.5.1315-03.htm>
33. Endovitskii A.P., Kalinichenko V.P., Il'in V.B., Ivanenko A.A. Coefficients of association and activity of Cadmium and Lead ions in soil solutions // *Eurasian Soil Science*. 2009b. V. 42. Issue 2. pp. 201–208. DOI 10.1134/S1064229309020112 <http://link.springer.com/article/10.1134%2FS1064229309020112#page-1>
34. Minkina T.M., A.P. Endovitskii, V.P. Kalinichenko and Y.A. Fedorov Calcium carbonate equilibrium in the system water-soil. Rostov-on-Don: Southern Federal University. 2012. (in Russian)
35. Endovitskii A.P. Lead Status in Chernozem of the Krasnodar Krai After the Application of Phosphogypsum / Endovitskii A.P., Kalinichenko V.P., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Sushkova S.N. // *Middle-East Journal of Scientific Research* 22 (7): 954–959. DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2014.22.07.21980, 2014.
36. Endovitsky AP Kalinichenko VP, Minkina TM State of lead and cadmium in chernozem after making phosphogypsum // *Soil Science*. № 3. pp. 340–350, DOI: 10.7868/So032180X14030058, 2014. (in Russian)
37. Okolelova AA, Zheltobryukhov VF, Kalinkina ED. Gross and mobile forms of heavy metals in soils of Volgograd // *Ecology of the urbanized territories*. 2013. № 4. pp. 45–48. http://www.volgau.com/Portals/o/static/izvestiya_auk/izvestiya_2014_36_4.pdf (in Russian)
38. www.esdat.net Dutch Target and Intervention Values, 2000 (the New Dutch List) http://www.esdat.net/Environmental%20Standards/Dutch/annexS_I2000Dutch%20Environmental%20Standards.pdf
39. Guidelines for the Safe Application of Biosolids to Land in New Zeland. NZWWA. 2003. <https://www.mfe.govt.nz/sites/default/files/laws/standards/contaminants-in-soil/submissions/submission-2-david-renouf.pdf>

40. Envirolink 73 – HBRC 9 – soil cadmium Report prepared for Hawkes Bay Regional Council August 2006. http://www.envirolink.govt.nz/PageFiles/124/73-Hbrc9-CadmiumInSoil_scienceReport.pdf
41. COMMISSION REGULATION (EU) 2015/1005 of 25 June 2015 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of lead in certain foodstuffs (Text with EEA relevance) Official Journal of the European Union L 161/9 26.6.2015. http://www.iss.it/binary/lcdr2/cont/CR_2015_1005.pdf
42. Soil Liquid Phase Composition. Editors: V.V. Snakin, A.A. Prisyazhnaya, E. Kovács-Láng Elsevier Science B.V. 2001. https://books.google.ru/books?id=4qNfLt73bIg_C&pg=PA232&lpg=PA232&dq=mpc+cd+in+soil&source=bl&ots=_iMBvJCnzz&sig=sejTK2Gi_YULHlbxtN4e2lrxg&hl=ru&sa=X&ved=oCEMQ6AEwBWovChMI9prb55DlxwIVSJEsCh2pYQzE#v=onepage&q=mpc%20cd%20in%20soil&f=false
43. Geochemical Atlas of Europe <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/> Index of /publ/foregsatlas/text <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/text/>
44. Jawor Anna and Eric M.V. Hoek Removing Cadmium Ions from Water via Nanoparticle-Enhanced Ultrafiltration // Environ. Sci. Technol., 2010, 44 (7), pp 2570–2576. DOI: 10.1021/es902310e
45. Murakami Masaharu, Fumihiko Nakagawa, Noriharu Ae, Masashi Ito and Tomohito Arao. Phytoextraction by Rice Capable of Accumulating Cd at High Levels: Reduction of Cd Content of Rice Grain // Environ. Sci. Technol. 2009. 43 (15). pp 5878–5883 Publication Date (Web): July 2, 2009 (Article) DOI: 10.1021/es8036687
46. Li Yan, Ji-de Wang, Xiao-jun Wang, and Juan-fang Wang Adsorption–Desorption of Cd(II) and Pb(II) on Ca-Montmorillonite // Ind. Eng. Chem. Res. 2012. 51 (18). pp 6520–6528. DOI: 10.1021/ie203063s
47. Cadmium in fertilisers. Risks from cadmium accumulation in agricultural soils due to the use of fertilisers containing cadmium Model estimations October 2000. http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/reports/denmark_en.pdf
48. Handbook of chemist 21. <http://chem21.info/info/715782/>
49. Casacuberta N., P. Masquéa, J. Garcia-Orellana, J.M. Bruacha, M. Anguita b, J. Gasa b, M. Villac, a, S. Hurtadoc, R. Garcia-Tenorio. Radioactivity contents in dicalcium phosphate and the potential radiological risk to human populations // Journal of Hazardous Materials 170 (2009) 814–823 doi:10.1016/j.jhazmat.2009.05.037 https://www.gencat.cat/salut/acsa/html/ca/dir1607/casacuberta_et_al2009.pdf
50. Tayibi H, Mohamed Ch, López FA, Alguacil FJ, López-Delgado A. Environmental impact and management of phosphogypsum // Journal of Environmental Management 05/2009; 90(8):2377–86. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.03.007
51. Belyuchenko I.S. Features of mineral waste and the expediency of their use for complex composts // Scientific Journal of Kuban Agrarian State Unveraity. 2014. №101(07). <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/54.pdf> (in Russian)
52. Balyuk SA, Chausova LA. Ecological aspects of strontium accumulation in the soil, water and in irrigation agricultural produccion // Agricultural Chemistry and soil science. Interdepartmental thematic scientific collection. Issue № 75. Kharkov: NSC "ISSAR AN name Sokolovsky ", 2011. 144 p. <http://www.stattionline.org.ua/agro/agrohimiya/16/147-ekologicheskie-aspekty-nakopleniya-stronciya-v-pochvax-vodax-i-selskoxozyajstvennoj-produkcii-pri-oroshenii.html> (in Russian)
53. Kalinichenko Valery P. Biogeosystem Technique as a Paradigm of Non-waste Technology in the Biosphere // Biogeosystem Technique. Vol. (3). Is. 1. pp. 4–28. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.4, 2015 (in Russian)
54. Lewis G.N. and M. Randell. The Activity coefficients of strong electrolytes, American Chemical Society Journal/ 1921. 43(5): 1112–1154. DOI: 10.1021/ja01438a014
55. Debye P. and Hückel E. The theory of electrolytes. I. Lowering of freezing point and related phenomena, Physikalische Zeitschrift. 1923. Vol. 24. pp. 185–206. Key: citeulike:9751523
56. Bjerrum J., Schwarzenbach G., Sillen L.G., Sykes K.W. Stability constants of metal-ion complexes with solubility products of inorganic substances. Part II. Inorganic ligands. London: The Chemical Society, 1958. 131 p. <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/210262>

57. Davies C.W. Ion Association. Butterworths: Washington, 1962. 190 p. <http://www.sciencemag.org/content/143/3601/37>
58. Garrels R.M., Christ C.L. Solutions, Minerals and Equilibria. Harper & Row, New York, 1965.
59. Alekin O.A. Basics of hydrochemistry. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 444 p.
60. Adams F. Ionic concentrations and activities in soil solutions // Soil Sci. Soc. Am. J. 1971. 35: 421–426. DOI: 10.2136/sssaj1971.03615995003500030028x
61. Minkin M.B., Endovitsky A.P., Levchenko V.M. Association of Ions in Soil Solutions // Soil Science. 1977. №2. pp. 49–58. (in Russian)
62. Sposito Garrison. The Future of an Illusion: Ion Activities in Soil Solutions // Soil Science Society of America Journal 48: 531–536, 1984. doi:10.2136/sssaj1984.03615995004800030012x
63. Minkin M.B., Yendovitsky A.P. Conditions for the formation of the chemical composition of soil solutions // XIII Congress of the International Society of Soil Science (Hamburg, 13–20.8.1986). Hamburg, 1986. Vol. 11. pp. 396–397.
64. Minkin M.B., Yendovitsky A.P., Andreyev A.G. Role of associate-ionic and protonic equilibria in the formation of the chemical composition of soil solutions // Advances in Soil Science. Soviet pedologists to the XIII-th International Congress of Soil Science. M.: Nauka, 1986. pp. 34–40.
65. Orlov D.S. Soil Chemistry, Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd, 1992. 390 p.
66. Butler J.N., Ionic Equilibrium: Solubility and pH Calculations. John Wiley and Sons, Inc. 1998. ISBN: 978-0-471-58526-8 <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471585262.html>
67. Lui, M.Y. Salts dissolved in salts: ionic liquid mixtures / Lui, M.Y., L. Crowhurst, J.P. Hallett, P.A. Hunt, H. Niedermeyer and T. Welton // Chem. Sci. 2011. 2: 1491–1496. DOI: 10.1039/C1SC00227A
68. Luo, Y., W. Jiang, H. Yu, A.D. MacKerell and B. Roux. Simulation study of ion pairing in concentrated aqueous salt solutions with a polarizable force field // Faraday Discuss. 2013 160: 135–149. DOI: 10.1039/C2FD20068F.
69. Kielpinski, D. Viewpoint: Ion Pair Simulates Hybrid Excitations // Physics 2013. 6: 112. DOI: 10.1103/Physics.6.112
70. Maiti, A. and R.D. Rogers, A correlation-based predictor for pair-association in ionic liquids // Phys Chem Chem Phys. 2011. 13: 12138–12145. DOI: 10.1039/C1CP21018A
71. Nicholson, D. and N. Quirke Ion pairing in confined electrolytes. Preliminary Communication // Molecular Simulation. 2003. 29: 287–290. DOI: 10.1080/0892702031000078427
72. Bohn Hinrich. The Thermodynamics of Soil Solutions (page 538) // Eos, Transactions American Geophysical Union. Article first published online: 3 JUN 2011. DOI: 10.1029/EO063io24p00538-04
73. Minkin M.B., Endovitsky A.P., Kalinichenko V.P. Carbonate-calcium equilibrium in the soil solution. M.: Publishing House of the ICCA, 1995. 210 p. (in Russian)
74. Il'in V.B. Heavy Metals and No-Metals in the Soil–Plant System. Ed. A.I. Syso. Novosibirsk: Nauka, 2012. ISBN: 978-5-7692-1229-1 BBK: П032.34,07 П127.252,07 (in Russian)
75. Lyashenko G. M., V. P. Kalinichenko. Technogenic pollution of soils with Lead in catena of highway in the Priazovsky zone of the Rostov region // Scientific Journal of Russian Reserch Institute of Problems of Melioration, № 2(06), 2012. pp. 60–74. http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec106-field6.pdf (in Russian)
76. Caldararu S., D. W. Purves, and P. I. Palmer. Phenology as a strategy for carbon optimality: a global model // Biogeosciences. 2014. Volume 11. Number 3, Pp. 763–778 www.biogeosciences.net/11/763/2014/ doi:10.5194/bg-11-763-2014
77. Anisimov V.S., Kochetkov I.V., Kruglov S.V., Aleksakhin R.M. Effect of organic matter on the parameters of the selective sorption of Cobalt and Zinc by soils and their clay fractions // Eurasian Soil Science. 2011. T. 44. № 6. pp. 618–627. DOI: 10.1134/S1064229311060020
78. Chaplygin Victor A., Tatiana M. Minkina, Saglara S. Mandzhieva, Svetlana N. Sushkova, Olga G. Nazarenko, Galina V. Motuzova Steppe Zone Vegetation and Soil Layer Pollution by Heavy

Metals Under the Influence Novocherkassk Power Station Emission // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (1). № 1. pp. 50–57. DOI: 10.13187/bgt.2014.1.50 (in Russian)

79. Pinskii D.L., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Fedorov Y.A., Bauer T.V., Nevidomskaya D.G. Adsorption features of Cu(II), Pb(II), and Zn(II) by an ordinary chernozem from nitrate, chloride, acetate, and sulfate solutions // Eurasian Soil Science. 2014. T. 47. № 1. pp. 10–17. DOI: 10.1134/S1064229313110069

80. Hunenberger, P. and M. Relf, Single-Ion Salvation. In: Experimental and Theoretical Approachs to Elusive Thermodynamic Quantities. Jonathan Hirst. (Eds.), Royal Society of Chemistry. Thomas Graham House, Science Park, Milton Road, UK. Cambrige, 2011. ISBN: 978-1-84755-187-0, pp: 690.

81. Stoyanov, E.S., I.V. Stoyanova and C.A. Reed. The unique nature of H⁺ in water // Chem. Sci. 2011. 2; 462–472. DOI: 10.1039/CoSC00415D

82. Raiteri P. Exploring the influence of organic species on pre- and post-nucleation calcium carbonate / Raiteri P., R. Demichelis J.D. Gale M. Kellermeyer D. Gebauer D. Quigley, L.B. Wright and T.R. Walsh // Faraday Discussion. 2012.159: 61–85. DOI: 10.1039/C2FD20052J

83. Tertre, E., D. Pret, E. Ferrage. Influence of the ionic strength and solid/solution ratio on Ca(II)-for-Na⁺ exchange on montmorillonite. Part 1: Chemical measurements, thermodynamic modeling and potential implications for trace elements geochemistry // Journal of Colloid and Interface Science. 2011. 353: 248–256, doi:10.1016/j.jcis.2010.09.039

84. Chialvo A. A., Cummings P. T., Cochran H. D., Simonson J. M., and Mesmer R. E. Na⁺-Cl⁻ ion pair association in supercritical water // J. Chem. Phys. 1 December 1995. Vol. 103. Issue 21. pp. 9125–9516. 9379 (1995); <http://dx.doi.org/10.1063/1.470707>

85. Westerlund, F. Direct probing of ion pair formation using a symmetric triangulenium dye / Westerlund, F., J. Elm, J. Lykkebo, N. Carlsson, E. Thyrhaug, B. Åkerman, T.J. Sorensen, K.V. Mikkelsen and B.W. Laursen. // Photochem. Photobiol Sci 2011. 10: 1963–1973. DOI: 10.1039/C1PP05253E

86. Besser-Rogac, M., A. Stoppa, J. Hunger, G. Hefter and R. Buchner . Association of ionic liquids in solution: a combined dielectric and conductivity study of [bmim][Cl] in water and in acetonitrile // Phys. Chem. Chem. Phys. 2011. 13: 1758–1759. DOI: 10.1039/C1CP21371G

87. Minkin M.B., Kamynina L.M. Manikhina A.A. Endovitsky A.P. The influence of organic matter on calcium carbonate equilibrium in water extracts from solonchak solonetzic soils // Proceedings. North-Caucasus Scientific Center of Higher School. Natural sciences. 1979. No. 4. pp. 90–94.

88. Amakor X.N., A.R. Jacobson and G.E. Cardon. Improving estimates of soil salinity from saturation paste extracts in calcareous soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 2013. 3: 792–799. DOI: 10.2136/sssaj2012.0235

89. Visconti F. and de Paz J.M. Prediction of the soil saturated paste extract salinity from extractable ions, cation exchange capacity and anion exclusion // Soil Res. 2012. 50: 536–550. DOI: 10.1071/SR12197

90. Guidelines for determination of heavy metals in farmland soils and crop production. NPO Typhoon, CINAO. 1992. <http://meganorm.ru/Index2/1/4293771/4293771886.htm>

91. Carter M.R. and E.G. Gregorich. Soil Sampling and Methods of Analysis. 2nd Edn. CRC Press, 2007. ISBN-10: 1420005278. pp: 1264.

92. Shtiza Aurela, Rudy Swennen. Appropriate sampling strategy and analytical methodology to address contamination by industry. Part 2: Geochemistry and speciation analysis // Open Geosciences. March 2011. Volume 3, Issue 1, pp 53–70, ISSN (Online) 2391-5447, DOI: 10.2478/v10085-010-0033-4,

93. Obaid Faroon, Annette Ashizawa, Scott Wright, Pam Tucker, Kim Jenkins, Lisa Ingerman, and Catherine Rudisill. Toxicological Profile for Cadmium. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US); 2012 Sep.

94. GOST 25916 <http://vsegost.com/Catalog/39/39216.shtml> (in Russian)

95. GOST 30772 http://www.yondi.ru/inner_c_article_id_1230.phtm (in Russian)

96. Endovitsky A.P. Minkin M.B. New method of calculation the equilibrium ionic composition of soil solutions // Soil Science. 1979. No. 5. pp. 103–108.

97. Algorithm and a program for calculating the state of carbonate-calcium system in soil solutions and natural waters, taking into account the equilibrium concentrations of ions forms of

macro / AG Andreev, Yu Lyashenko, MB Minkin, AP Endovitsky // Algorithms and programs: Ref. VNTI center. 1980. Vol. 4 (36). 36 p.

98. Endovitsky A.P., Gavrilov A.A., Minkin M.B. Calculation of natural waters saturation by calcium carbonate taking into account association of ions and its influence on proton balance of carbonate system (PROTON) // The Annotated list of new receipts in OFAP Goskomgidrometa. Obninsk, 1985. V. 3. 11 p.

99. Endovitsky A.P., V.P. Kalinichenko, S.Y. Bakoyev, A.A. Ivanenko, V.A. Sukovatov and E.V. Radevich. Certificate of the state registration of computer program No 2009612162 «ION-2». Patentee Don State Agrarian University. 2009a. (in Russian)

100. Sposito G. The Chemistry of Soils. xiii + 277 pp. New York, Oxford: Oxford University Press, 1989. ISBN 0 19 504615 3.

101. Sparks D. L. Ion Activities: An Historical and Theoretical Overview Soil Science Society of America Journal 1984 48:514-518 doi:10.2136/sssaj1984.03615995004800030009x

102. Lurie Y.Y., Handbook of Analytical Chemistry, Moscow: Chemistry, 1986.

103. <https://en.wikipedia.org/wiki/Phosphogypsum>

104. Contaminants and the Soil Environment in the Australasia-Pacific Region. Editors: R. Naidu, R.S. Kookana, D.P. Oliver, S. Rogers, M.J. McLaughlin. Kluwer Academic Publishers. 1996. https://books.google.ru/books?id=YR_-CAAQBAJ&pg=PA165&lpg=PA165&dq=mpc+cd+in+soil&source=bl&ots=t51zRGzLEQ&sig=jIUZhdyzYSal8uMwW9eBtftpadxk&hl=ru&sa=X&ved=oCE4Q6AEwB2oVChMI-OmdrZPlxwIVSP4sCh3D-gGx#v=onepage&q=mpc%20cd%20in%20soil&f=false

105. Endovitsky Anatoly, Kalinichenko Valerie, Gromyko Evgenie, Mishchenko Nikolai, Ivanenko Anna, Zinchenko Alexander, Radevich Evgenie, Sukovatov Vladimir, Bakoev Serojdin Effect of soil phosphogypsum reclamation on the lead and cadmium forms in chernozem // Proc. of the 4-th Internat. Congress «EUROSOIL 2012». 2–6 July 2012. Bari, Italy. p. 2347.

106. Gromyko EV, Mishchenko NA, Chernenko VV, Endovitsky AP, Il'in VB, Bakoev SY, Kalinichenko VP, Statsko EV, Serenko VV, Zinchenko AV Theoretical bases of management of material composition of the dispersed system of internal layers of soil // The Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation. 2012. № 1. pp. 101–119. http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec91-field6.pdf

107. Kalinichenko V.P., Batukaev A.A., Zinchenko V.E., Zarmaev A.A., Magomadov A.S., Chernenko V.V., Startsev V.F., Bakoev S.U., Dikaev Z.S. Biogeosystem technique as a method to overcome the Biological and Environmental Hazards of modern Agricultural, Irrigational and Technological Activities // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly 2014. Vienna, 2014. DOI: Vol. 16, EGU2014-17015

108. Kalinichenko V.P., Batukaev A.A., Zarmaev A.A., Minkina T.M., Starcev V.F., Dikaev Z.S., Magomadov A.S., Jusupov V.U. Biogeosystem technique as a contribution to global food sustainability // 248th ACS National Meeting & Exposition. 13TH IUPAC International Congress of Pesticide Chemistry. Crop, Environment, and Public Health Protection. Technologies for a Changing World. Co-sponsored by IUPAC and ACS-AGRO. August 10–14, 2014. San Francisco, California, USA. Abstracts. AGRO 143. p. 37.

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
International Journal of Environmental Problems
Has been issued since 2015.

ISSN: 2410-9339

E-ISSN: 2413-7561

Vol. 2, Is. 2, pp. 154-165, 2015

DOI: 10.13187/ijep.2015.2.154

www.ejournal33.com



UDC 572

Temporal Dynamics of Land Surface Temperature in Dry Season 2014 – 2015 in Lam Ha district, Lam Dong province in Central Highlands, Vietnam From LANDSAT 8 TIRS Time Series Images

Le Hung Trinh

Le Quy Don Technical University, Vietnam
236 Hoang Quoc Viet street, Hanoi
E-mail: trinhlehung125@gmail.com

Abstract

Located in Southeast Asia, Vietnam is one of the most severely affected countries by climate change and faces to series of challenges related to climate change such as rising sea level, drought and flood. Drought is a natural phenomenon, which occurs in most regions in the world, caused immense damage in agricultural production and seriously affected on the environment. Land surface temperature is one of the most important factors in the evaluation of soil moisture to monitor drought phenomenon. LANDSAT thermal infrared images can be used to retrieve temperature. This article presents study on the application of LANDSAT 8 multi – temporal thermal infrared image for monitoring land surface temperature changes in dry season 2014 – 2015 in Central Highlands of Vietnam. The results obtained in this study can be used to create the land surface temperature distribution map and to monitor drought phenomenon.

Keywords: remote sensing, land surface temperature, drought, thermal infrared image, LANDSAT, Vietnam.

Introduction

Vietnam is likely to be one of the several countries most adversely affected by climate change. During the last 50 years, Vietnam's annual average surface temperature has increased by approximately 0,5 – 0,7 °C (Vietnam assessment report on climate change). Land surface temperature is important factor in global change studies, in estimating radiation budgets in heat balance studies and as a control for climate models. Land surface temperature can provide important information about the surface physical properties and climate which plays a role in many environmental processes (Mallick, 2008; Mira, 2007).

To control and monitor temperature distribution, many researchers have measured the air temperature by using land observation stations. In 1976, Yamashita used measurements of temperature using temperature sensors mounted on car, along various routes (Yamashita, 1976). This method can be both expensive and time consuming and lead to problems in spatial interpolation. Since the last of 20th century, remote sensing with many advantages over traditional method has been effectively used for retrieving land surface temperature [Sundara Kumar, 2012; Mallick, 2008; Mira 2007; Garcia Cueto, 2007; Grishchenko, 2012; Marchukov, 2013]. Javed Mallick et al. (2008) used the LANDSAT 7 ETM+ thermal infrared band to estimate land surface

temperature over Delhi (India) (Mallick, 2008). In 2012, Sundara Kumar et al. estimated land surface temperature to study urban heat island in Vijayawada city (India) using LANDSAT 7 ETM+ thermal infrared data (Sundara Kurma, 2012). Garcia Cueto et al (2007) found correlation between surface temperature in Mexicali (Mexico) and land use by using remote sensing data (Garcia Cueto, 2007). Sandholt I. et al (2002), Zverev A.T. and Trinh L.H. used LANDSAT thermal infrared data to monitor soil moisture based temperature vegetation dryness index (TVDI) (Sandholt, 2002; Zverev, 2015). Lu Yuan et al. (2007) used land surface temperature, which retrieve from remote sensing data to monitor dynamic drought in Guangxi (China) (Lu Yuan, 2007).

In Vietnam, some studies have estimated land surface temperature in Hanoi and Ho Chi Minh cities using LANDSAT and Aster thermal infrared data (Trinh, 2014; Tran, 2009). This paper focused on estimation and dynamics of land surface temperature in Central Highland of Vietnam using LANDSAT 8 multi-temporal infrared data.

Materials

In this study, multispectral cloud – free LANDSAT 8 OLI - TIRS data in dry season 2014 – 2015 in Lam Ha district, Lam Dong province (Central Highlands of Vietnam) was collected (Table 1). The LANDSAT 8 data was the standard terrain correction products (L1T), downloaded from United States Geological Survey (USGS – <http://glovis.usgs.gov>) website.

Table 1: The LANDSAT 8 data used for NDVI and temperature retrieval in the study

<i>No.</i>	<i>Data type</i>	<i>Band used for temperature</i>	<i>Band used for NDVI</i>	<i>Time of data acquisition</i>
1	LANDSAT 8	10, 11	4, 5	14 November 2014
2	LANDSAT 8	10, 11	4, 5	22 March 2015
3	LANDSAT 8	10, 11	4, 5	07 April 20115

LANDSAT 8 images consist of eleven spectral bands with a spatial resolution of 30 m for multispectral bands (band 1 to 7 and band 9). Spatial resolution for thermal infrared band (band 10, 11) is 100 m. Band 8 (0,500 – 0,680 μm) is the panchromatic with spatial resolution of 15 m (Table 2) (LANDSAT 8 Conversion to Radiance, Reflectance and At-Satellite Brightness Temperature).

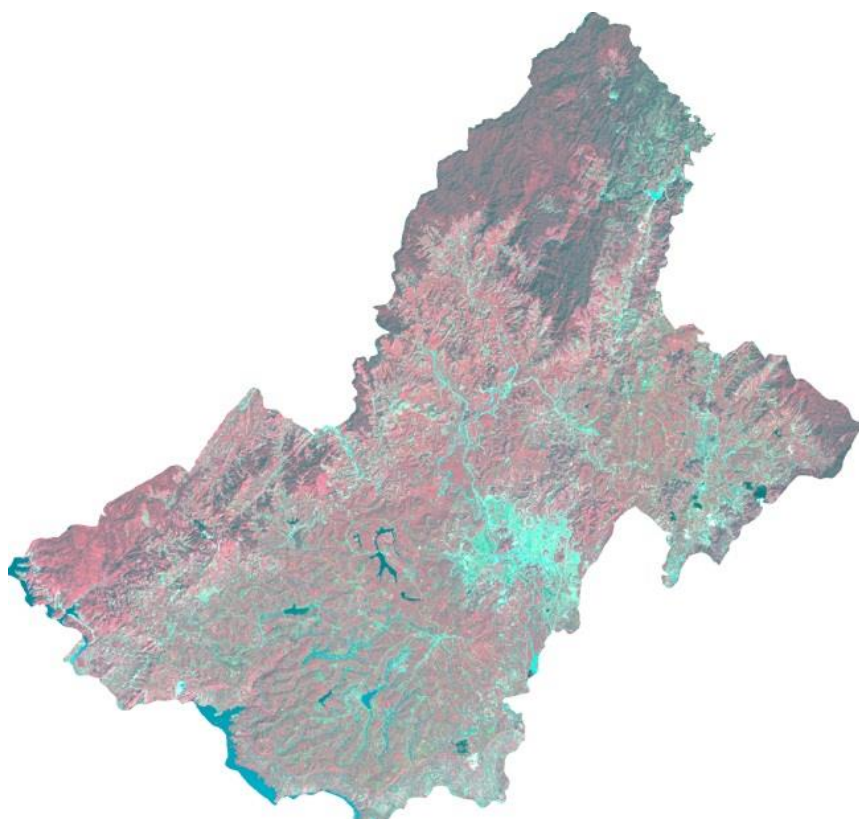


Fig. 1. LANDSAT 8 multispectral image in Lam Ha district, 14 November 2014, RGB composite = NIR:RED:GREEN

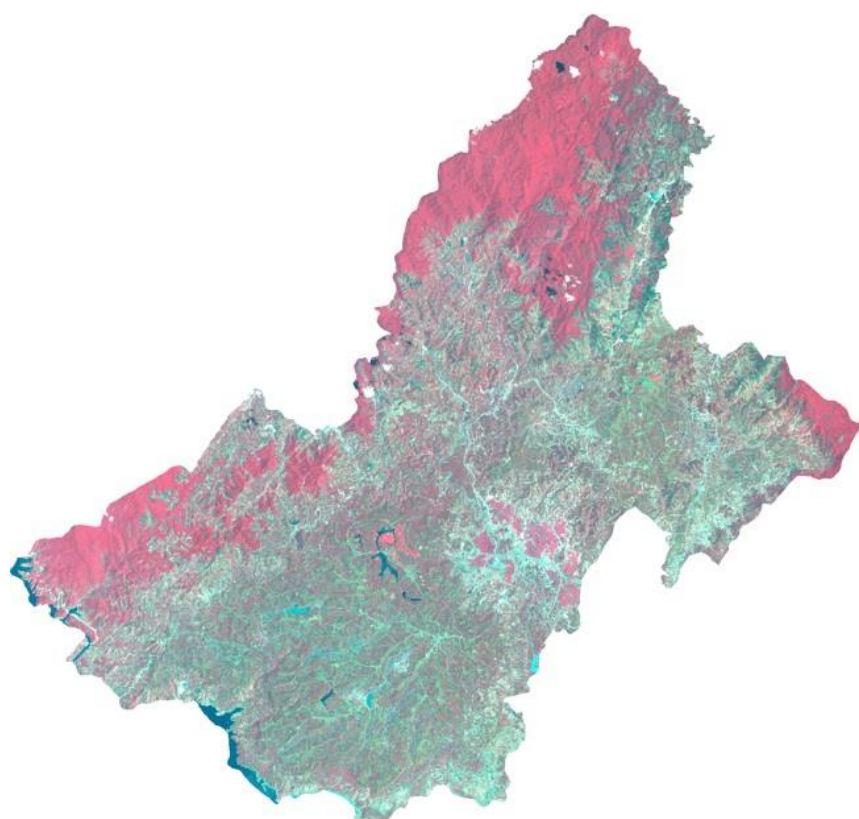


Fig. 2. LANDSAT 8 multispectral image in Lam Ha district, 22 March 2015, RGB composite = NIR:RED:GREEN

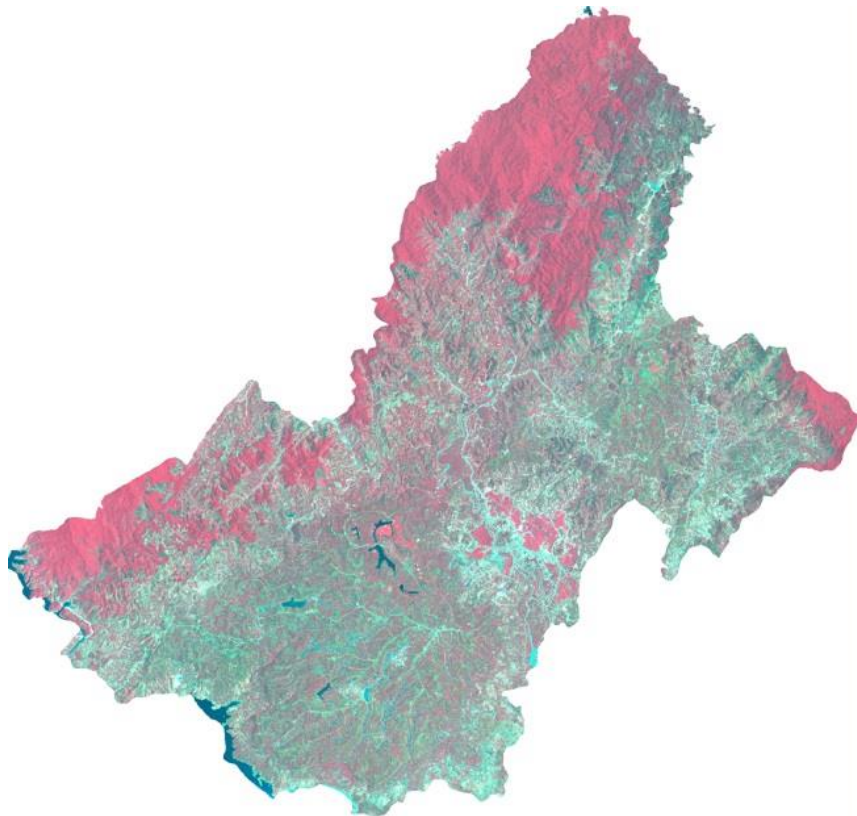


Fig. 3. LANDSAT 8 multispectral image in Lam Ha district, 07 April 2015, RGB composite = NIR:RED:GREEN

Table 2: LANDSAT 8 OLI-TIRS characteristics

<i>No.</i>	<i>Band</i>	<i>Wavelength (μm)</i>	<i>Spatial resolution (m)</i>
1	Coastal/Aerosol	0,433 – 0,453	30
2	Blue	0,450 – 0,515	30
3	Green	0,525 – 0,600	30
4	Red	0,630 – 0,680	30
5	NIR	0,845 – 0,885	30
6	MIR	1,560 – 1,660	30
7	MIR	2,100 – 2,300	30
8	PAN	0,500 – 0,680	15
9	Cirrus	1,360 – 1,390	30
10	TIR	10,30 – 11,30	100
11	TIR	11,50 – 12,50	100

Methodology

To calculate land surface temperature, in first step, OLI and TIRS band data must be converted to TOA spectral radiance using the radiance rescaling factors provided in the metadata file (LANDSAT 8 Conversion to Radiance, Reflectance and At-Satellite Brightness Temperature):

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L, \quad (1)$$

where:

L_{λ} - TOA spectral radiance (Watts/(m² * srad * μm)),

M_L - Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata (RADIANCE_MULT_BAND_x, where x is the band number),

A_L - Band-specific additive rescaling factor from the metadata (RADIANCE_ADD_BAND_x, where x is the band number),

Q_{cal} - Quantized and calibrated standard product pixel values (DN).

Table 3: LANDSAT 8 TIRS spectral radiance M_L , A_L dynamic ranges

No.	Data type	Band	M_L	A_L
1	LANDSAT 8 TIRS	10	$3,3420 \cdot 10^{-4}$	0,10000
2	LANDSAT 8 TIRS	11	$3,3420 \cdot 10^{-4}$	0,10000

In second step, the LANDSAT thermal band data can be converted form spectral radiance to brightness temperature using following equation (LANDSAT 8 Conversion to Radiance, Reflectance and At-Satellite Brightness Temperature):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)}, \quad (2)$$

where:

T – At satellite brightness temperature (K),

K_1 – Calibration constant 1 [$W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$],

K_2 – Calibration constant 2 [K].

Table 4: LANDSAT 8 thermal band calibration constants

No.	Data type	Band	K_1 ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$)	K_2 (Kelvin)
1	LANDSAT 8	10	774,89	1321,08
2	LANDSAT 8	11	480,89	1201,14

For determining land surface temperature from LANDSAT data, values of surface emissivity is needed. In this paper, the surface emissivity is determined by using method based on NDVI image, which proposed by Valor and Caselles (1996) by following equation (Valor, 1996):

$$\varepsilon = \varepsilon_v \cdot P_v + \varepsilon_s (1 - P_v), \quad (4)$$

where:

ε – Surface emissivity,

$\varepsilon_v, \varepsilon_s$ – Emissivity of pure vegetation covers and pure soil areas, respectively.

P_v - The percentage of vegetation in one pixel, which calculated by equation:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg.} - NDVI_{soil}} \right)^2, \quad (5)$$

Where NDVI – normalized difference vegetation index, which can be calculated by equation:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (6)$$

Where RED and NIR – the spectral reflectance in red and near – infrared band, respectively.

In last step, land surface temperature can be calculated by following equation (Grishchenko, 2012; Trinh, 2014; Marchukov, 2013; Sundara Kurma, 2012):

$$LST = \frac{T}{1 + \left(\frac{\lambda \cdot T}{\rho}\right) \cdot \ln \varepsilon}, \quad (7)$$

where T - brightness temperature (K°), λ – wavelength ($11,5 \mu m$), ε – land surface emissivity,

$\rho = \frac{h \cdot c}{\sigma}$, h – Plank's constant ($6,626 \cdot 10^{-34}$ J.sec), c – velocity of light ($2,998 \cdot 10^8$ m/sec), σ – Stefan Boltzmann's constant, which is equal to $5,67 \cdot 10^{-8}$ $W m^{-2} K^{-4}$.

Results and Discussion

The Lam Ha district is located in the Northern of Lam Dong province in the Central Highlands of Vietnam. The area is bounded by 11°55'26"N latitude and 108°11'31"E longitude. The district covers an area of 978,52 km² and had a population of 133679 people (<http://lamdong.gov.vn>). The altitude of the surface of the Lam Ha district ranges from 497 m on the Phi Co village (Ro Men area) to 1998 m on the Hon Nga mountain. Located in the tropical savanna, the climate in the Central Highlands of Vietnam is divided into two seasons: the rainy season from May until October and the dry season from November to April, while March and April are the warmest and driest months. This is one of the most regions severely affected by climate change in Central Highlands of Vietnam.

The reflectance values for red and near infrared channels of LANDSAT 8 data was used to calculate normalized difference vegetation index (NDVI). The NDVI images are shown in Fig. 4 – 6 below. For determining surface emissivity by this methodology, values of soil and vegetation emissivity are needed. This study has been used more than 150 training samples for bare soil and vegetation cover areas to calculate normalized difference vegetation index (NDVI). Finally, NDVI for pure soil and pure vegetation cover of study area equal 0,122 and 0,505, respectively. Emissivity of pure soil and pure vegetation cover areas are calculated using method of Van de Griend by following equation (Van de Griend, 1993):

$$\varepsilon = 1,0094 + 0,047 \cdot \ln(NDVI). \quad (8)$$

Emissivity of pure soil and pure vegetation cover areas identified by using this method equal 0,911 and 0,977 respectively. Basing on the NDVI values of difference land use classes, emissivity image was prepared using method of Valor and Caselles by assigning values as 0,911 for soil areas and 0,977 for vegetation areas.

$$\varepsilon = \varepsilon_v \cdot P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) = 0,977 \cdot P_v + 0,911(1 - P_v) = 0,66 \cdot P_v + 0,911. \quad (9)$$

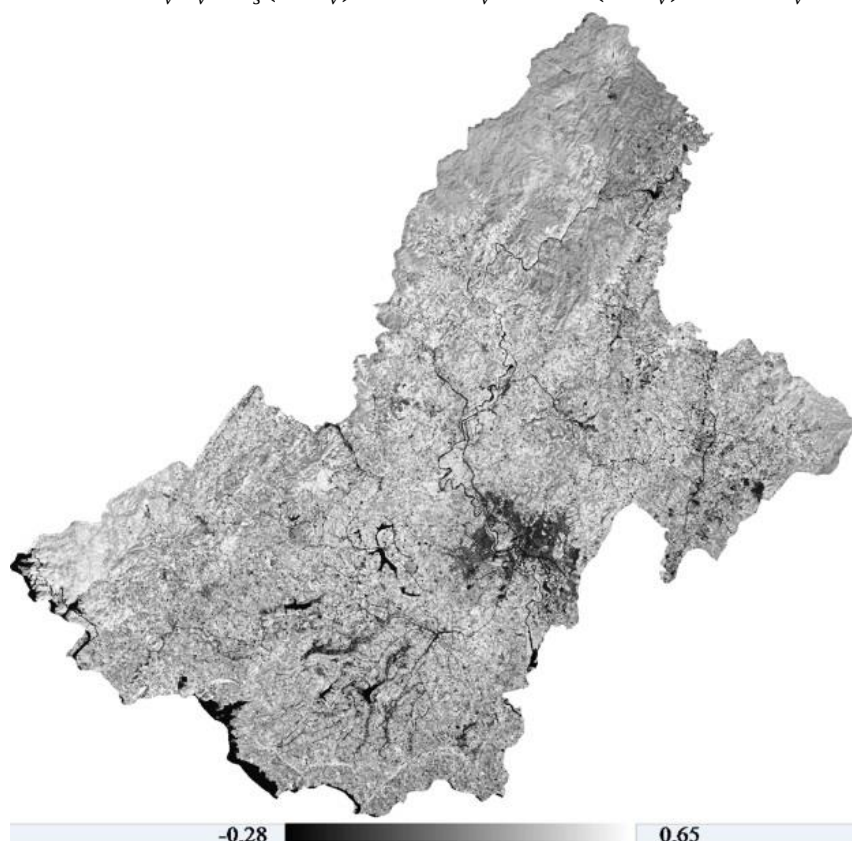


Fig. 4. NDVI image of Lam Ha district, 14 November 2014

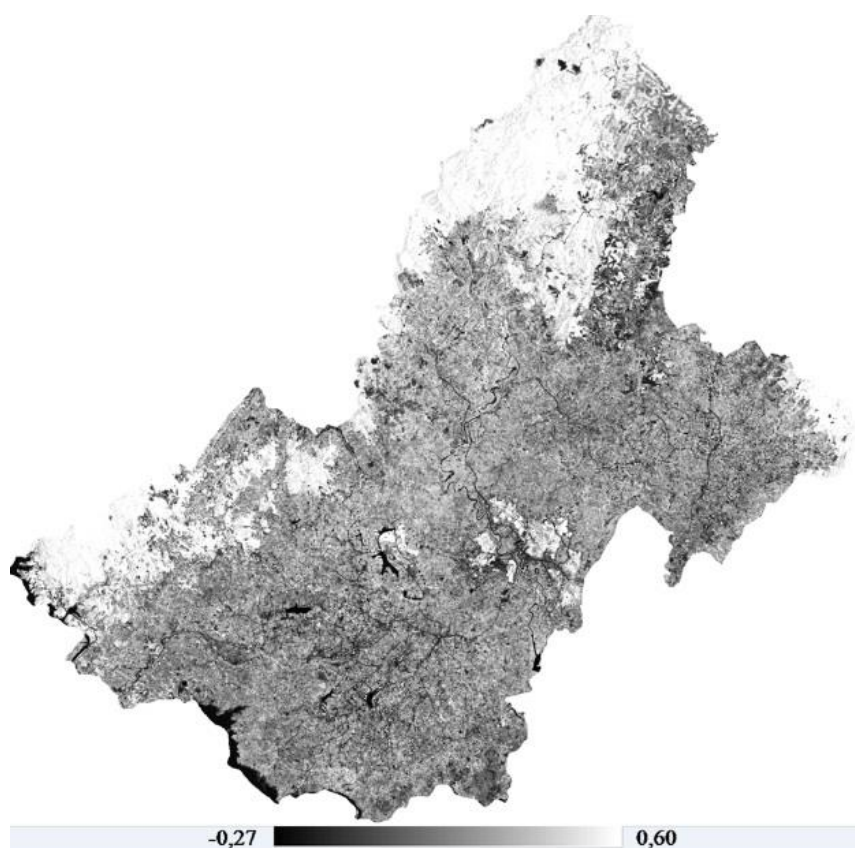


Fig. 5. NDVI image of Lam Ha district, 22 March 2015

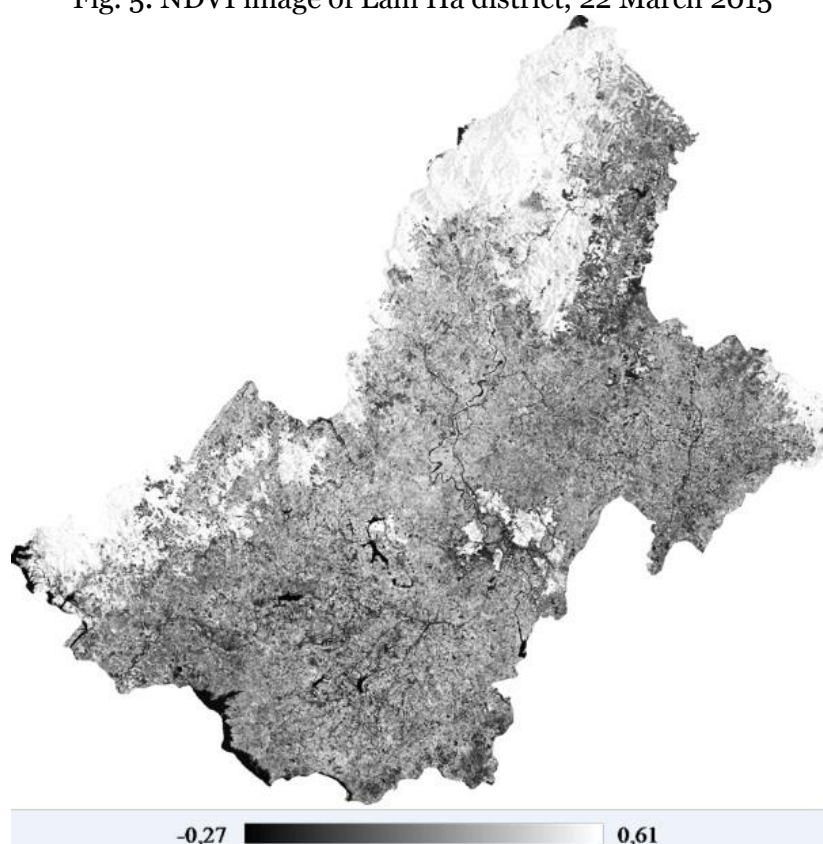


Fig. 6. NDVI image of Lam Ha district, 07 April 2015

From brightness temperature and land surface emissivity images, the land surface temperature image was obtained by developing a program in C++. The land surface temperature distribution map of the study area displays the different zone of temperatures. The density sliced image shows nine temperature zones that represents greater than 34, 32 – 34, 30 – 32, 28 – 30, 26 – 28, 24 – 26, 22 – 24, 20 – 22 and less than 22 °C respectively.

Figures from 7 to 9 show the spatial distribution of land surface temperature of LANDSAT 8 data in dry season 2014 – 2015. The land surface temperature ranged from 14,3 to 39,1°C in 14 November 2014; 9,8 to 47,1°C in 22 March 2015 and 13,5 to 48,8°C in 07 April 2015. The study shows that, in the early dry season 2014 – 2015, the most part of study area (73,99% of total area) had land surface temperature in range 24 to 30°C. While at the end of dry season, the most part of study area (73,06% in March, 66,76% in April) had land surface temperature greater than 30 °C. The high land surface temperature area (greater than 34°C) was found in increasing order 99,73 ha in November 2014 to 37366,81 ha in March 2015 and 23225,34 ha in April 2015 (Table 5). Using hydro-meteorological data and the results obtained in this study can be confirmed that March is the hottest time of dry season in Central Highlands of Vietnam.

Besides, the high land surface temperature distributed in area with small vegetation coverage. While the area with full vegetation coverage in northern of study area has much lower land surface temperature.

Table 5: Temporal dynamics of land surface temperature in Lam Ha district, Lam Dong province, Central highlands of Vietnam

No.	Temperature (°C)	Area					
		14 November 2014		22 March 2015		07 April 2015	
		Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)
1	< 20	585,90	0,60	161,91	0,17	79,12	0,08
2	20 – 22	8207,90	8,39	1941,27	1,98	193,40	0,20
3	22 – 24	14309,67	14,62	6050,74	6,18	3718,05	3,80
4	24 – 26	16650,94	17,02	6516,13	6,66	9065,07	9,26
5	26 – 28	37919,73	38,75	5551,91	5,67	7843,77	8,02
6	28 – 30	17830,67	18,22	6142,63	6,28	11625,52	11,88
7	30 – 32	1891,58	1,93	12561,07	12,84	21245,89	21,71
8	32 – 34	356,28	0,36	21560,03	22,03	20856,33	21,31
9	> 34	99,73	0,10	37366,81	38,19	23225,34	23,74

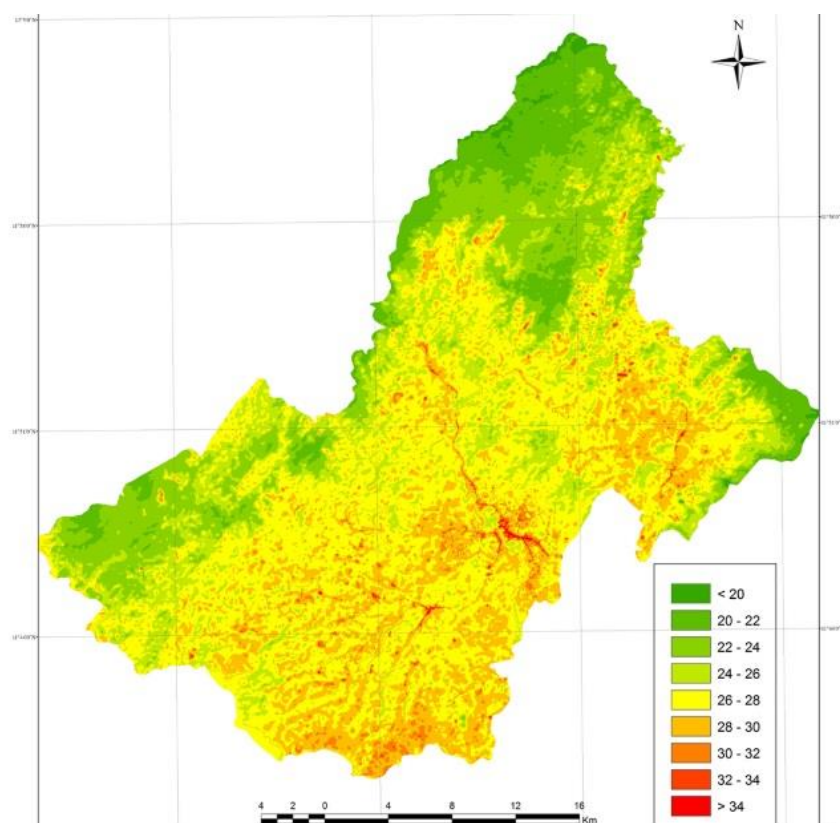


Fig. 7. Spatial distribution of land surface temperature over study area using LANDSAT 8 data, 14 November 2014

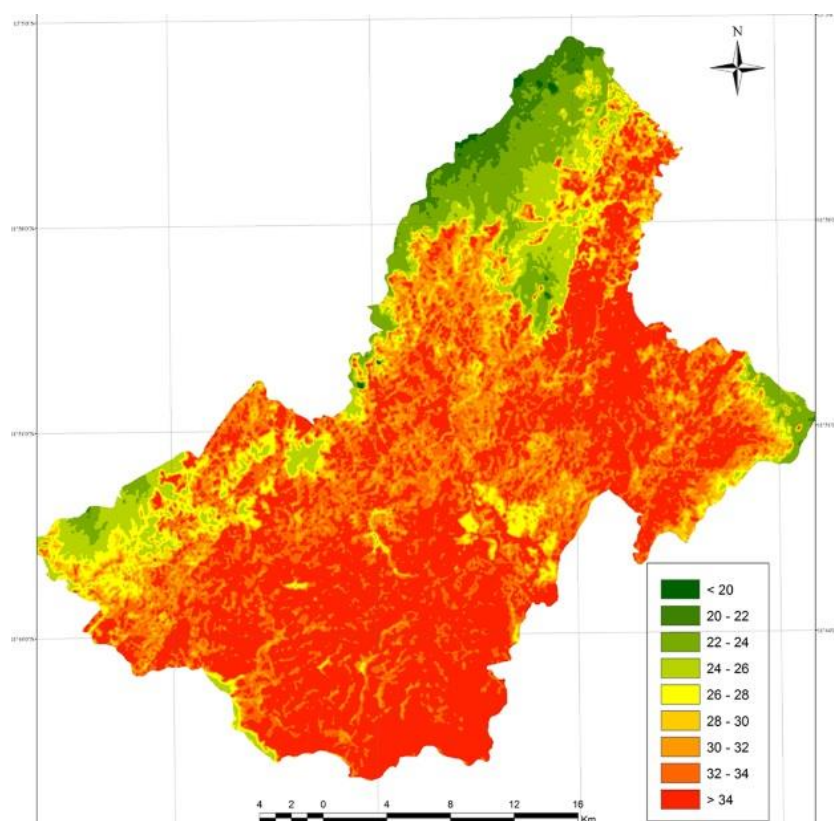


Fig. 8. Spatial distribution of land surface temperature over study area using LANDSAT 8 data, 22 March 2015

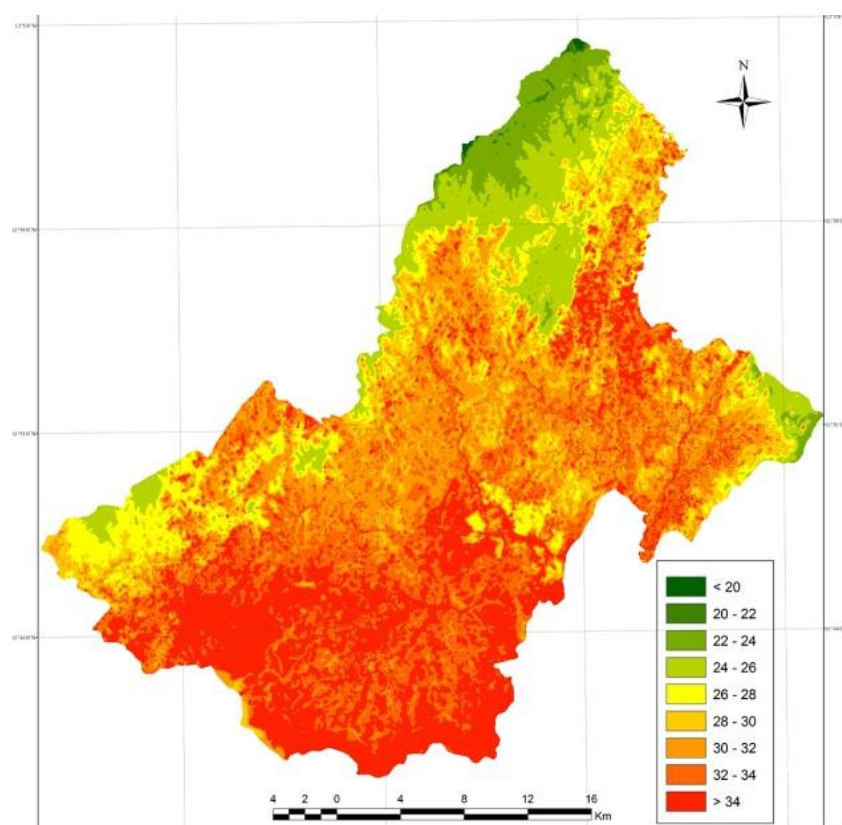


Fig. 9. Spatial distribution of land surface temperature over study area using LANDSAT 8 data, 07 April 2015

Conclusion

Land surface temperature is one of the most important factors in climatology studies and human – environment interactions. Besides, land surface temperature is also an important factor when monitoring soil moisture. Ground-based observations reflect only thermal condition of local area around the station and in fact cannot establish the number of meteorological stations with expected density due to the high cost. Remote sensing technology with advantages such as wide area coverage and short revisit interval has been used effectively in the study of land surface temperature distribution. The study indicates how to estimate surface temperature using LANDSAT 8 thermal infrared data. With 100m spatial resolution, LANDSAT 8 thermal infrared image performance applications in the region study. The results obtained in the study can be used as the reference for land use planning and the solution to the reduction of climate change effects.

References:

1. Vietnam assessment report on climate change (VARCC), Institute of strategy and policy on natural resources and environment. Hanoi. 2009. 127 pp.
2. Zverev A.T., Trinh Le Hung. Monitoring vlasnosti posvy po dannym mnogoazonal'noy s"yemki LANDSAT (Monitoring soil moisture using LANDSAT multispectral images), *Issledovanie Zemli iz Kosmosa*, 2015, Vol. 6, pp. 62 – 67.
3. Grishchenko M.Y. Primeneniye teplovykh snimkov sistemy ETM+ dlya izucheniya teplovogo ostrova Moskvy (ETM+ thermal infrared imagery application for Moscow urban heat island study), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol.9, No. 4, 95-101.
4. Marchukov V.S., Trinh Le Hung. Monitoring poverkhnostnoy temperatury vo V'yetname po dannym mnogoazonal'noy s"yemki KA LANDSAT (Monitoring land surface temperature using LANDSAT thermal infrared image), *Izvestiya Vuzov «Geodesy and Aerophotography»*, 2013, Vol.6, 41 – 43.
5. Trinh Le Hung. Application of LANDSAT thermal infrared data to study soil moisture using temperature vegetation dryness index, *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 2014, Vol. 36

(03), 262 – 270.

6. Trinh Le Hung. Studies of land surface temperature distribution using LANDSAT multispectral image, *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 2014, Vol. 36 (01), 82 – 89.

7. Tran Thi Van, Hoang Thai Lan, Le Van Trung. Thermal remote sensing method in study on urban surface temperature distribution, *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 2009, Vol. 31 (02), 168 – 177.

8. K. Sundara Kumar, P. Udaya Bhaskar, K. Padmakumari. Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using LANDSAT ETM+ image, *International journal of Engineering Science and technology*, 2012, Vol. 4, No. 2, pp. 771 – 778.

9. Yamashita. Detail structure of heat island phenomena from moving observation from electric trans cars in metropolitan Tokyo, *Atmospheric environment*, 1976, Vol. 30, pp. 429 – 435.

10. Javed Mallick, Yogesh Kant, B.D. Bharath. Estimation of land surface temperature over Delhi using LANDSAT 7 ETM+, *Geophysics Union*, 2008, No.3, pp. 131 – 140.

11. M. Mira, E. Valor, R. Boluda, V. Caselles, C. Coll. Influence of the soil moisture effect on the thermal infrared emissivity, *Tethys*, 2007, Vol. 4, pp. 3 – 9, DOI: m10.3369/Tethys.2007.4.01.

12. O.R. Garcia Cueto, E. Jauregui Ostos, D. Toudert, A. Tejeda Martinez. Detection of the urban heat island in Mexicali and its relationship with land use, *Atmosfera*, 2007, 20(2), pp. 111 – 131.

13. Jose A. Sobrino, Juan C. Jimenez-Munoz, Pablo J. Zarco-Tejada, Guadalupe Sepulcre-Canto, Eduardo de Miguel. Land surface temperature derived from airborne hyperspectral scanner thermal infrared data, *Remote sensing of Environment*, 2006, 102, pp. 99 – 115.

14. Sandholt I., Rasmussen K., Anderson J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of the surface moisture status, *Remote Sensing of Environment*, 2002, Vol. 79, pp. 213–224.

15. Lu Yuan, Tao Heping, Wu Hua. Dynamic drought monitoring in Guangxi using revised temperature vegetation dryness index, *Wuhan University journal of Natural sciences*, 2007, Vol. 12, No.4, pp. 663 – 668.

16. Van de Griend A.A., Owen M. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surface, *International journal of remote sensing*, 1993, 14, pp. 1119 – 1131.

17. Valor E., Caselles V. Mapping land surface emissivity from NDVI. Application to European African and South American areas, *Remote sensing of Environment*, 1996, 57, pp. 167 – 184.

18. LANDSAT 8 Conversion to Radiance, Reflectance and At-Satellite Brightness Temperature (NASA).

19. USGS Global Visualization Viewer: <http://glovis.usgs.gov>

20. <http://lamdong.gov.vn>

УДК 572

Динамика поверхностной температуры в сухом сезоне 2014–2015 в районе Лам Ха, провинции Лам Донг в центральном нагорье Вьетнама по данным серии тепловой инфракрасной съемки LANDSAT 8

Ле Хунг Чинь

Технический институт им. Ле Куй Дон, Ханой, Вьетнам
E-mail: trinhlehung125@gmail.com

Аннотация. Вьетнам, расположенный в Юго-Восточной Азии, является одной из стран, наиболее сильно пострадавших от изменений климата и сталкивается с рядом проблем: повышение уровня моря, засухи и наводнения. Засуха, являющаяся естественным явлением, происходящим в большинстве регионов мира, вызывает огромный ущерб в сельскохозяйственном производстве и оказывает значительное влияние на окружающую среду. Температура поверхности является одним из важных факторов при оценке влажности почвы и может быть использована для мониторинга засухи. Тепловая ИК съемка LANDSAT

может быть эффективно использована для определения температуры земной поверхности. Настоящая работа посвящена исследованию по применению данных серий разновременной тепловой ИК съемки LANDSAT 8 для мониторинга поверхностной температуры в засушливом сезоне 2014-2015 гг. в Центральном нагорье Вьетнама. Полученные результаты могут быть использованы для создания карт пространственного распределения температуры земной поверхности и мониторинга засушливых периодов.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, поверхностная температура, засуха, тепловая инфракрасная съемка, LANDSAT, Вьетнам.

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
International Journal of Environmental Problems
Has been issued since 2015.

ISSN: 2410-9339

E-ISSN: 2413-7561

Vol. 2, Is. 2, pp. 166-182, 2015

DOI: 10.13187/ijep.2015.2.166

www.ejournal33.com



UDC 614.7

Utilization of Biological Waste by Biogeosystem Technics Method

¹Viktor F. Starcev

²Valery P. Kalinichenko

¹⁻² Institute of Soil Fertility of South Russia, Russian Federation
346493, Rostov region, Persianovka, Krivoslykov st, 2

¹ PhD (Veterinary), Professor, Expert

E-mail: starcev48@mail.ru

² Dr of Sc (Biology), Professor, Director

E-mail: kalinitch@mail.ru

Abstract

The cause of dangerous human environment is degradation of biological waste disposal measures, in particular, slaughtering waste. The method is proposed for disposal of slaughtering waste, which includes their grinding, rotary milling intra-soil machining ripper with cutters on a horizontal shaft-driven, feeding the water pulp of slaughtering waste into the soil, the distribution of slaughtering waste pulp within the soil during its rotary milling subsurface loosening. Disposable slaughtering waste's particle size of 2–5 mm are mixing with water or containing disinfectant water at a ratio from 1: 1 to 3: 5. The resulting pulp is made into the soil at a depth of 30–50 (40–80) cm while soil rotary milling intra-soil machining. The soil's particle size is of 1–25 mm. The soil-pulp mix ratio is from 1:6 to 1:20. The topsoil following the passage of the rotor drive is treated with disinfectant. The method allows recycling the slaughtering waste according to the priority of secondary resources processing over their dumping and incineration. Are breaking the food chains of dangerous biological objects and pathogens by reliable burial at a depth of at least 30 cm; accelerating decomposition of biological material utilized by increasing biological active of soil, particulate biological material distribution in the disperse system of soil; increasing the surface contact of biological material with soil; stimulating activity of decomposers – native soil saprophytes. A high animal health and environmental effect, low energy consumption, high biological effect is obtained.

Keywords: slaughtering waste disposal, rotary milling intra-soil machining, pulp, food chain, fertility, environment protection.

Введение

Важной составляющей перспективы существования человечества являются сбалансированный рацион и безопасная среда обитания, поскольку имеет место конфликт биосферы и человечества [1, 2, 3], пренебрежение к геоэтике [4] и геогигиене [5]. Применением устаревших имитационных принципов природопользования ведет к

разрушению урбо- и агроэкосистем, повышает вероятность деградиационного сценария современной биосферы, которой нет альтернативы [1].

Устойчивость биогеосистем имеет непреходящее значение для судьбы человечества – вне биосферы человечество не может существовать. Необходимо наращивать производство продуктов животного происхождения в рационе человека, что прямо определяет здоровье и, следовательно, перспективу нации. При этом следует контролировать циклы биосферы, минимизировать распространение инфекций и опасных веществ. Глобализация осложняет ветеринарную и медицинскую санитарную обстановку на Земле, пресс инфекций на среду обитания человека усиливается. Часты вспышки опасных инфекций. Все это актуально для коррекции сложившейся животноводческой и ветеринарной практики.

Одной из причин формирования опасной для человека окружающей среды является ухудшение состояния мер утилизации биологических отходов, в частности, боенских отходов. Одним из загрязнителей почвы является мясоперерабатывающая промышленность. В настоящее время предприятия этой отрасли оказались в очень сложной ситуации. В СССР была практика убоя животных на крупных мясокомбинатах. Сейчас такой подход становится все более опасным с точки зрения ветеринарно-медицинской санитарной безопасности. Зараженный, но пригодный к убою и переработке в пищу, скот везут на большие расстояния, при этом распространяют инфекции. Кроме того, мясокомбинаты в результате стихийной застройки городов оказались внутри населенных мест, что опасно с точки зрения распространения инфекций. Построенные в СССР в начале или середине прошлого века на окраинах, они оказались в настоящее время в черте города, со своей устаревшей технологией и оборудованием, неспособным обеспечивать должную экологическую, эпизоотическую и эпидемиологическую ситуацию. Новые собственники мясокомбинатов с полным циклом деятельности были вынуждены отказаться от убоя животных. До последнего времени опасность сдерживалась тем, что практически все крупные мясокомбинаты занимались только переработкой поступающего из-за рубежа мяса.

Сложившаяся практика привела к тому, что животных больных некоторыми инфекционными болезнями, которых в соответствии с требованиями ветеринарного законодательства необходимо отдельно забивать на мясокомбинатах, а полученную продукцию в особом режиме перерабатывать, стало негде подвергать должному убою и переработке. Это привело к осложнению эпизоотической ситуации (пример с недавней эпизоотией африканской чумы в Краснодарском крае и Ростовской области, которая затем распространилась в Европу). В результате социальных и экономических перемен в России основным поставщиком животных для получения мясoproductов стали мелкие крестьянские и фермерские хозяйства. Ситуация с должной транспортировкой необходимых мясокомбинатам больших партий скота на убой стала неприемлемой. Собственники скота стали забивать его на бывших колхозных и совхозных боенских пунктах, не имеющих должных санитарных условий. В настоящее время по эпизоотическим санитарным и экологическим показаниям такие пункты убоя стали закрывать. После этого собственники домашнего поголовья скота перешли на подворный убой. Подворный убой, зачастую – несанкционированный, приводит к получению продукции низкого санитарного качества или, хуже того, опасного в эпизоотическом и эпидемиологическом отношении (уже есть примеры гибели людей от сибирской язвы). Сложился стихийный безнадзорный рынок скота и мясoproductов с участием перекупщиков. Это привело к криминальному нарушению ветеринарного законодательства. Сложившаяся внеправовая ситуация привела к отсутствию должного налогообложения и к серьезным экономическим потерям. Утрачены важнейшие виды сырья: шкуры и кишечное сырьё. В этих неблагоприятных для РФ условиях Председатель Правительства РФ Д.А. Медведев вынужден был исключить из санкционного списка эти виды сырья. Ввиду перечисленных проблем поголовье животных в стране резко уменьшилось, при этом эпизоотическая и экологическая ситуация не улучшилась. Некогда крупнейшая животноводческая держава стала зависимой от импорта животноводческой продукции.

Ввиду необходимости замещения импорта, возможность использования зарубежного сырья будет ограничена. Поэтому в РФ стоит задача увеличения поголовья скота, улучшения рациона питания населения. Масштабы забоя животных возрастут. Сложившаяся в РФ

практика, когда убой скота проводится стихийно, боенские отходы не утилизируются и являются источником распространения инфекций, неприемлема для решения современных задач.

Для решения задачи качественного уоя скота в мире применяют передвижные боенские пункты [6]. Есть интерес к таким техническим решениям в РФ [7, 8]. Это позволяет исключить транспортировку живых животных, распространение инфекций. Однако имеющиеся технические решения передвижных боенских пунктов имеют системный недостаток. В них не решена задача экологически безопасного и способствующего увеличению новой биомассы использования утилизируемого вещества боенских отходов в биосферном цикле.

Боенские отходы следует рассматривать в фокусе их утилизации в почве. Тем более что в последнее время состояние почв в мире резко ухудшилось, ослабли их эколого-биологические функции, что опасно во многих аспектах, вплоть до потери биосферы.

Устаревшие технологии утилизации, вместо возврата в почву органического вещества, обогащают атмосферу Земли парниковыми газами. Применяют технологии внесения жидких отходов в почву под нож горизонтального пассивного рыхлителя, на ее поверхность, а то даже и дождеванием [9–11]. Но заделка материала без дисперсного перемешивания с почвой, несмотря на частичные меры подготовки материала [12, 13], ведет к распространению загрязнения и инфекций [14, 15]. Отходы сбрасывают в водные системы, ухудшая их качество, причем теряя вещество, из которого можно синтезировать новый биологический продукт [16, 17].

Практически все минеральные и органические отходы и вещества полезны при внесении в почву как мелиорант, структурообразователь, разрыхлитель, источник макро- и микроэлементов, причем опасные вещества в почве инактивируются, нейтрализуются, пассивируются.

Возможности развития мира в настоящее время ограничены истощением ресурсов. Потеряно 42% плодородных земель [18], 60% ресурсов Земли [19], до 90–95% пресной воды используется расточительно [20], загрязняются геосферы [21], дестабилизируется климат [22].

Важнейшим ресурсом, движущей силой Земли являются микроорганизмы. Экологическая ситуация на Земле обеспечивается микроорганизмами почвы, которые обеспечивают самоочищение, создают и поддерживают плодородие. Однако условия их существования и содействия возобновлению ресурсов Земли в настоящее время становятся все более тяжелыми. Поэтому Человечеству следует озаботиться не только извлечением ресурсов Земли в целях удовлетворения своих все более возрастающих, по большей части ложных, потребностей, а обратить внимание на условия развития микроорганизмов, поскольку без этого жизнь на Земле не имеет перспективы. Для сохранения перспективы биосферы Россия на мировом уровне заявила приоритет природоподобных технологий [23]. В этом ряду нами развивается научно-техническое направление биогеосистемотехника. Особенность биогеосистемотехники в создании технических средств, обеспечивающих принципиально новые условия развития биоты в почве. Без этого производство продовольствия, сырья, утилизация отходов, рекреация будут сталкиваться с все большими трудностями. Понадобятся все большие затраты на преодоление экологического ущерба, условия жизни на Земле будут становиться все более неприемлемыми, все выше будет уровень неопределенности гидрологического режима [24, 25], почвенного покрова [26], продуктивности земель, климата Земли, все хуже здоровье почвы [5] и санитарно-эпидемиологические условия жизни [15]. Важнейшее значение в свете развития природоподобных технологий имеет задача обратить внимание политического дискурса РФ на возможности биогеосистемотехники [27, 28].

Объекты и методы

Обработка только верхнего слоя почвы в современных бесперспективных системах земледелия разрушает микробиологическую систему, возникает биологически неактивная почва, в ней уменьшается количество биоты. При основной отвальной обработке биота верхних слоев почвы, которая активно дышит кислородом (аэробы), оказывается в глубине, где мало кислорода, и в результате погибает. Анаэробные существа, наоборот, попадают на

поверхность, где также не могут жить. Многие экологически ценные микроорганизмы не выдерживают солнечного света, например, симбионты бобовых растений – клубеньковые азотфиксаторы. В течение короткого времени в экологически неверно выстроенной стандартной агротехнике используется сформированный почвой за длительный период эволюции ресурс питания растений, в дальнейшем приходится применять меры стимулирования, которые недостаточно эффективны, поскольку уничтожены условия существования стабильного микробного сообщества и других почвенных организмов [29].

Современные группы почвенных организмов [30, 31]:

- микробиота (бактерии, грибы, почвенные водоросли и простейшие организмы);
- мезобиота (нематоды, мелкие личинки насекомых, клещи, ногохвостки);
- макробиота (насекомые, дождевые черви и др.).

В здоровой почве масса живых существ огромна, одних бактерий составляет сотни тонн на одном гектаре. И все они, даже те, которых называют вредителями, запрограммированы природой так или иначе повышать плодородие почвы. Но они гибнут из-за химических средств защиты растений, минеральных удобрений, обработки почвы с оборотом пласта, сжигания стерни, экологической перегрузки.

Представители «армии» плодородия почвы:

Бактерии разлагают безазотистые органические соединения; расщепляют белок и мочевины с выделением аммиака; осуществляют нитрификацию, денитрификацию и азотфиксацию; окисляют серу, железо; превращают труднорастворимые соединения фосфора и калия в легкодоступные для растений формы.

Актиномицеты раскладывают гемицеллюлозу, водорастворимые сахара; образуют гумусовые вещества; вместе с бактериями завершают разложение растительных остатков.

Низшие грибы перерабатывают целлюлозу, лигнин; образуют гумусовые вещества; могут окислять серу, часто находятся в симбиозе с высшими растениями, образуя микоризу, которая накапливает питательные вещества и влагу, защищает своими антибиотическими выделениями растение-хозяина (пшеницу, овес, просо, рожь, ячмень, хлопчатник, кукурузу, горох, фасоль) от корневых гнилей.

Почвенные водоросли обогащают почву органическими веществами.

Лишайники инициируют почвообразование, выделяя органические кислоты, ускоряющие химическое выветривание минерального субстрата. Продукты выветривания вместе с отмершими остатками лишайников образуют примитивную почву.

Корни высших растений — системоорганизующий фактор почвы, они формируют ризосферу (корнеобитаемую толщу почвы) — биологически активную зону почвенного профиля, приют разнообразной почвенной биоты.

Простейшие (амебы, радиолярии, инфузории и др.) активно преобразовывают органическое вещество, в том числе и гумус.

Ногохвостки, клещи, нематоды измельчают растительные остатки; регулируют численность некоторых микроорганизмов (питаются бактериями).

Слизни проникают вглубь почвы, обогащая почвенный профиль органикой и улучшая его структуру.

Жуки регулярно мигрируют (суточные и сезонные миграции), способствуя разрыхлению и аэрации почвы; хищные насекомые регулируют численность других видов насекомых. Майские жуки измельчают и перемещают вглубь почвы органические вещества. Личинки мух измельчают растительные остатки, а отходы их жизнедеятельности — субстрат для микроорганизмов.

Дождевые черви увеличивают водопроницаемость почвы; обеззараживают навоз; обогащают почву физиологически активными веществами.

Позвоночные (суслики, кроты и другие) измельчают почвенный материал, перемешивают его. Через ходы этих животных осуществляется естественный дренаж почвы.

Чтобы восстановить естественное плодородие почвы и стабилизировать его следует возвращать в почву органическое и минеральное вещество для синтеза нового живого вещества. Это солома и другие растительные остатки, вермикомпост, сидераты, навоз, боенские отходы и др. Процесс гумификации нового вещества почвы зависит от наличия почвенной биоты.

Почва населенных мест и животноводческих ферм загрязняется через гидросферу и эоловым путем разнообразными твердыми и жидкими отходами. Особенно опасны в санитарном отношении навоз, зараженный патогенными микробами и яйцами гельминтов, сточные воды боен, мясокомбинатов, предприятий по переработке кожи, шерсти и т. д. Загрязненная с поверхности почва часто влечет за собой и загрязнение воздуха, служит местом выплода мух, способствует размножению грызунов.

Почва является естественной средой для детоксикации основной массы поступающих экзогенных органических веществ. Способность почвы к самоочищению важна в санитарно-гигиеническом, эпидемиологическом и эпизоотологическом отношении. Самоочищение почвы обуславливается ее поглотительной способностью, жизнедеятельностью микроорганизмов и других организмов почвы. Поэтому контролируемое поступление в почву разнообразных органических отходов, в том числе нечистот, содержащих патогенные микробы и яйца гельминтов, обеспечивает под действием микрофлоры, грибов, простейших, личинок насекомых и червей обеззараживание опасных веществ, их трансформацию в полезные для почвы вещества.

Деструкция и минерализация органических веществ в почве возможна в аэробных и анаэробных условиях.

Белки под воздействием энзимов, выделяемых микробами, расщепляются на более простые соединения через стадии альбумоз, пептонов, полипептидов. Под влиянием липолитических бактерий жиры расщепляются на глицерин и жирные кислоты. Под воздействием сахаролитических бактерий и микробов брожения происходит распад углеводов и сбраживание клетчатки.

При анаэробных условиях под влиянием гнилостных микробов, микроорганизмов брожения и других организмов, находящихся в почве, происходят восстановительные процессы с образованием не окисленных продуктов гниения и брожения – аммиака, сероводорода, метана, индола, скатола, меркаптанов и др. Количество органических отходов, вносимых в почву, не должно превышать ее способность к самоочищению. Иначе органическое вещество загнивает, почва и сопряженные с ней компоненты геосфер не только загрязняются, но образуются новые опасные вещества, вплоть до трупного яда, поступающие гидрологическим и эоловым путем в биогеохимический цикл.

Из всех природных сред почва является наиболее благоприятной для развития микроорганизмов. В ней имеются питательные вещества, влага, кислород; она хорошо защищает микробы от губительного воздействия прямых солнечных лучей и от высыхания.

В почве в зависимости от условий для развития микрофлоры развивается определенное количество и группы микроорганизмов, устанавливается биологическое равновесие.

Микроорганизмы осуществляют круговорот веществ в почве, влияя на минерализацию органических остатков и превращая нерастворимые формы в доступные для растений соединения. При этих процессах происходит активное выделение метаболитов, участвующих в синтезе гумуса.

Особая гигиеническая роль почвы связана с процессом обезвреживания патогенных микроорганизмов, главным образом, неспорообразующих. Уничтожению бактерий способствуют конкуренция со стороны сапрофитов, действие механического фактора, бактерицидное действие солнечных лучей, электрохимических взаимодействий на внутренней поверхности почвы. Эффективность обезвреживания зависит от вида бактерий, структуры и свойств почвы и т.п. Это свойство почвы используется в медленных фильтрах для питьевой воды, в полях фильтрации для очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод.

Следует подчеркнуть, что самоочищение почвы имеет ограничения – чрезмерное загрязнение без повышения возможностей почвы противостоять ему может вызвать гибель полезной микрофлоры, произойдет коллапс микробиологической системы. Поэтому следует соблюдать меры санитарной охраны почвы, ограничивать поступление в почву различных загрязнений до уровня, не нарушающего протекание процессов самоочищения в почве, не вызывающего накопления в растениях вредных веществ в количествах, опасных для здоровья людей, не приводящего к загрязнению воздуха, поверхностных и подземных вод.

Необходимо обеспечивать увеличение биологической емкости почвы и, следовательно, биосферы. В целинной почве, находящейся в естественном состоянии равновесной плотности на глубине 1–2 см в почве содержится в 10–20 раз больше микроорганизмов, чем на глубине 25 см. Ситуация еще хуже в агротехнике. Например, США в настоящее время тиражируют по миру no-till. Но в результате применения no-till почва деградирует в течение нескольких лет, корневая система растения принимает вид лепешки, распространяясь вглубь только на 3–4 см, что констатируют в самих США [32]. Это – резерв увеличения биологической емкости почвы методами биогеосистемотехники. Одна из составляющих биогеосистемотехники – роторная фрезерная обработка внутреннего 20–45 см слоя почвы. Ее однократное проведение обеспечивает длительную до 40 лет прибавку урожайности сельскохозяйственных культур. Это связано не только с улучшением агрофизических свойств почвы, но также с тем, что в глубоких слоях почвы созданы за счет внутрипочвенного роторного фрезерования предпосылки биологического процесса, новые благоприятные условия микробиологической деятельности внутри почвы. Если вещество надежно размещено внутри почвы, то можно иметь в виду, что большинство веществ, представляющих опасность для высших организмов, значительно менее опасны для организмов почвы, особенно, микроорганизмов [33, 34]. Нет утраты вещества из биосферы – все внесенное в почву вещество ассимилируется, проходит через стадию органогенеза растений, получается свежее безвредное биологическое вещество и вода. Это позволяет усилить биологические функции почвы [29, 35, 36]. Дополнительная перспектива здоровья почвы [5] и биосферы [1] связана с новой мировой водной стратегией [20, 37], безотходной утилизацией вещества [21], возможностью коррекции климата Земли [22].

Результаты и обсуждение

На основе биогеосистемотехники разработан способ утилизации биологических отходов. Изобретение относится к сбору, утилизации и уничтожению биологических отходов, конкретно к способам утилизации боенских отходов.

Известно техническое решение [7] для убоя и глубокой переработки сельскохозяйственных животных, преимущественно северного оленя. Технологический комплекс содержит модуль производственных отходов. Недостаток технического решения состоит в отсутствии мер утилизации вещества из модуля производственных отходов, что обуславливает экологическую и санитарно-эпидемиологическую опасность практического использования.

Известно техническое решение [8] комплекса термического обеззараживания, переработки и утилизации медицинских, биологических, бытовых и промышленных отходов. Утилизация производится в камере с электронагревателем. Применение термического способа уничтожения продуктов, полученных в результате переработки биологических объектов, обуславливает высокие затраты энергии, и утрату биологического материала. В результате применения технического решения в атмосферу поступают продукты с повышенным содержанием углерода и азота, являющиеся опасными для биосферы. Также эти продукты повышают вероятность парникового эффекта на Земле. Эти продукты могут быть безопасно переработаны в почве естественным путем и использованы в биосфере для повышения уровня ее биологической продуктивности.

Федеральный Закон о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения. [38] предусматривает осуществление мер по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации, соблюдение гигиенических нормативов.

Ветеринарно-санитарные правила сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов [39] предусматривают следующее. Биологические отходы перерабатывают на мясокостную, костную, мясную, перьевую муку и другие белковые кормовые добавки, исходя из следующих технологических операций и режимов: прогрев измельченных отходов в вакуумных котлах до 130°C, собственно стерилизация при 130°C в течение 30–60 мин и сушка разваренной массы в вакууме при давлении 0,05–0,06 МПа при температуре 70–80°C в течение 3–5 час. Биологические отходы могут быть проварены в открытых или закрытых котлах в течение 2 час с момента закипания воды. Полученный вареный корм используют только внутри хозяйства в течение 12 час с момента изготовления для кормления свиней

или птицы в виде добавки к основному рациону. Закон предусматривает также захоронение в земляные ямы, сжигание.

Боенские отходы, полученные в животноводческих хозяйствах, не имеющих утилизационных цехов, не могут быть переработаны на мясокостную, костную, мясную, перьевую муку и другие белковые кормовые добавки, или проварены на корм. Значительная часть боенских отходов не является поименованными в Ветеринарно-санитарных правилах видами биологических отходов, поскольку, например, экскременты животных, выделенные непосредственно на боенском пункте, содержимое желудка, кишечника нет смысла перерабатывать на мясокостную муку или переваривать на корм.

Недостатками существующих технических решений являются:

- ✓ отсутствие мер утилизации боенских отходов в конструкции передвижных убойных пунктов;
- ✓ высокие энергетические затраты на производство мясокостной, костной, мясной, перьевой муки и других белковых кормовых добавок, проваривание боенских отходов на корм, сжигание;
- ✓ отсутствие возможности сохранить биологический материал в биосфере для питания растений в случае использования сжигания или захоронения боенских отходов;
- ✓ отсутствие регламента утилизации части боенских отходов, непригодных для производства мясокостной, костной, мясной, перьевой муки и других белковых кормовых добавок, а также для проваривания боенских отходов на корм;
- ✓ отсутствие мер использования боенских отходов для повышения продуктивности земель, что позволяет получить дополнительные корма без энергетических затрат, имеющих место при производстве мясокостной, костной, мясной, перьевой муки и других белковых кормовых добавок, проваривании боенских отходов на корм.

Федеральный Закон «Об отходах производства и потребления» [40] предусматривает регламент технических решений утилизации биологических, бытовых и промышленных отходов, в частности боенских отходов, обусловленный предписанным порядком обращения с биологическими отходами: запрещается сброс биологических отходов на почву, водные объекты, места сбора и накопления отходов, вывоз их в места размещения и захоронения отходов, предусмотрен приоритет переработки вторичных ресурсов над их захоронением.

Известно техническое решение [41], которое обеспечивает внесение вещества в почву в процессе ротационного рыхления с перемешиванием (фрезерованием) внутренних слоев почвы. Конструктивное исполнение позволяет исключить поступление вносимого в почву вещества на поверхность почвы, что актуально для случая боенских отходов.

Предложен способ утилизации биологических отходов [42].

Техническим результатом, получаемым при практическом использовании изобретения, является повышение степени переработки боенских отходов; ускорение разложения утилизируемого биологического материала в почве; разрыв трофических цепей распространения в биосфере опасных биологических объектов и возбудителей инфекций, содержащихся в утилизируемом биологическом материале или способных развиваться на этом материале в условиях его пребывания в биосфере; повышения плодородия почвы за счет обеспечения участия внесенного в почву биологического материала для питания растений.

Для решения поставленной технической задачи предлагаемый способ предусматривает измельчение утилизируемых боенских отходов, роторную фрезерную внутрипочвенную механическую обработку рыхлителем с фрезами на горизонтальном вале и его механический привод в виде роторного щелереза, подачу пульпы из боенских отходов и воды внутрь почвы, распределение пульпы из боенских отходов и воды внутри почвы в процессе ее роторного фрезерного внутрипочвенного рыхления (рис.).

Способ отличается тем, что утилизируемые боенские отходы измельчают до размера частиц 2–5 мм, смешивают с водой или с водой, содержащей дезинфицирующее вещество, в соотношении от 1:3 до 1:5, вносят образовавшуюся пульпу в почву на глубину 30–50 (40–80) см, при этом почву измельчают до размера частиц 1–25 мм и перемешивают с пульпой в соотношении от 1:6 до 1:20, обрабатывают верхний слой почвы по следу прохода роторного щелереза дезинфицирующим веществом.

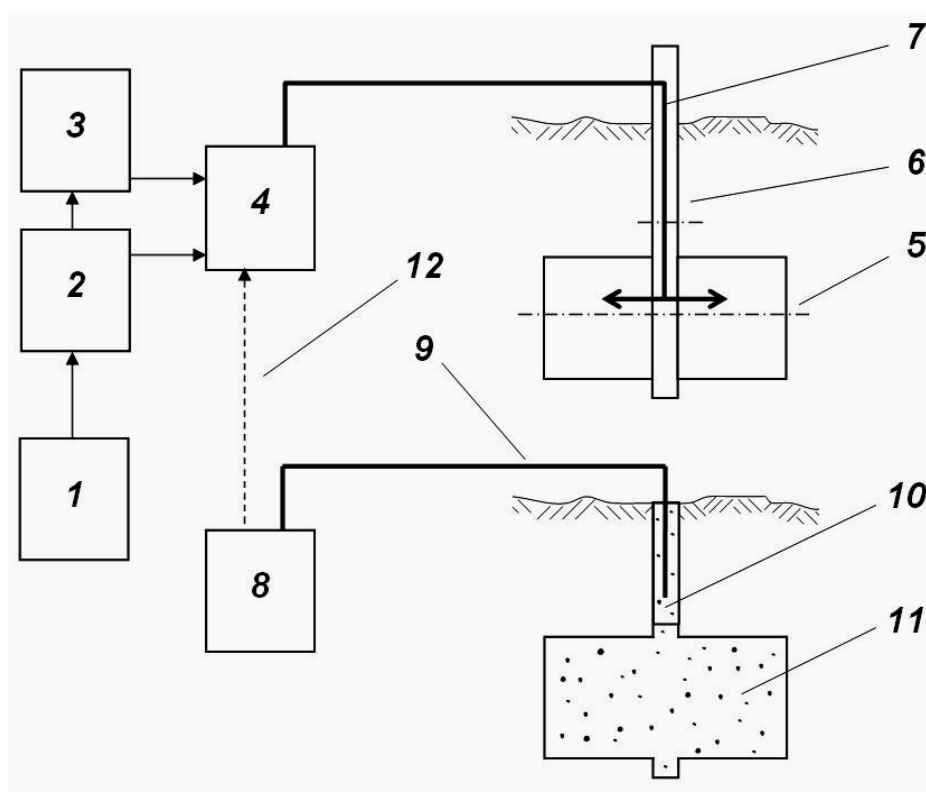


Рис. Блок-схема способа утилизации боенских отходов.

Блок-схема способа утилизации боенских отходов включает: источник боенских отходов 1, измельчитель боенских отходов 2, источник воды 3, смеситель 4, роторный фрезерный внутрипочвенный рыхлитель с фрезами на горизонтальном вале 5 и его механический привод в виде роторного щелереза 6, тракт подачи пульпы из боенских отходов и воды внутрь почвы 7, блок дезинфицирующего вещества 8, тракт подачи дезинфицирующего вещества 9 на поверхность почвы по следу прохода роторного щелереза 6, дезинфицированный слой почвы 10, перемешанная с пульпой почва 11 (вертикальное сечение почвы после выполнения предлагаемого способа). Гидравлический канал 12 для подачи дезинфицирующего вещества в смеситель 4 по показаниям свойств боенских отходов.

Предлагаемый способ реализуется следующим образом.

В процессе выполнения забоя животных боенские отходы накапливают в источнике боенских отходов 1. Затем боенские отходы подают в измельчитель боенских отходов 2, где их дисперсность доводят до заданного размера частиц 2–5 мм. Размер частиц задан не более 5 мм из соображений того, чтобы биологические объекты большего размера не привлекли наземных консументов, не стали доступны им в качестве пищи, и содержащиеся в продуктах убоя инфекции не были распространены по трофическим цепям путем наземного переноса. Размер частиц задан не менее 2 мм как техническое условие параметров измельчителя боенских отходов 2. Размер частиц не менее 2 мм отражает не критичность меньшего размера по отношению к большему размеру 5 мм, что упрощает проектирование измельчителя боенских отходов 2. В результате измельчения, а также в силу свойств боенских отходов, в них могут содержаться также и частицы меньшего размера, чем указанный диапазон 2–5 мм, что не критично, поскольку размер этих частиц удовлетворяет главному условию – обеспечению непривлекательности и недоступности вносимого в почву биологического материала наземным консументам.

Вторым обстоятельством выбора размера частиц 2–5 мм является обеспечение максимального контакта вносимого материала со структурными отдельностями почвы, которые имеют примерно такой же поперечный размер. Это обеспечивает быстрое воздействие сапрофитов почвы на внесенный материал и его переработку.

Третье обстоятельство выбора размера частиц 2–5 мм состоит в том, чтобы исключить разложение биологического материала элементов отходов большого размера аутолитическими ферментами и микробными ферментами, содержащимися в этом материале, что при неконтролируемом разложении биологического материала ведет к синтезу неблагоприятных и опасных биологических объектов. Наоборот, при заданном размере частиц и дисперсном распределении с дисперсной системе почвы преобладает контролируемый процесс разложения биологического материала сапрофитами почвы, в результате которого образуются питательные вещества для растений.

После измельчения боенские отходы из измельчителя 2 вместе с водой из источника воды 3 подают в смеситель 4. В смесителе 4 получают пульпу. При необходимости по показаниям свойств боенских отходов пульпу дезинфицируют. Для этого из блока дезинфицирующего вещества 8 в смеситель 4 подают, кроме боенских отходов и воды, также и дезинфицирующее вещество по гидравлическому каналу 12. В качестве дезинфицирующего вещества можно применить, например, активированную надуксусную кислоту в концентрации 1%. Утилизируемые боенские отходы смешивают с водой или с водой, содержащей дезинфицирующее вещество, в соотношении 1:3...1:5. Соотношение утилизируемых боенских отходов и воды или воды, содержащей дезинфицирующее вещество, критично только с точки зрения обеспечения подвижности пульпы по каналам устройства внесения и высокого качества ее перемешивания с почвой. Чем более жидкая консистенция конкретной партии утилизируемых боенских отходов, тем меньше значение соотношения следует выбирать, и наоборот. Полученную в смесителе 4 пульпу подают в зону смешения. В этой зоне работает роторный фрезерный внутрипочвенный рыхлитель с фрезами на горизонтальном вале 5, его привод выполняют механическим приводом в виде роторного щелереза 6.

По тракту подачи пульпы из боенских отходов и воды внутрь почвы 7 в обрабатываемый слой почвы поступает пульпа. Обработку почвы и внесение пульпы выполняют на глубину 30–50 (40–80) см. Глубину обработки почвы выбирают с точки зрения максимального агрономелиоративного эффекта последующего использования почвы. Чем мощнее исходная почва, тем больше глубина обработки [43, 44]. Глубину обработки не следует назначать менее 35 см с точки зрения обеспечения недоступности внесенных отходов наземным консументам. При этом почву измельчают до размера частиц 1–25 мм. Размер частиц назначен из реально полученных данных об агрегатном устройстве почвы после внутрипочвенной роторной фрезерной обработки [45]. Агрегаты такого размера обеспечивают достаточный контакт почвы и внесенного вещества и протекание заданного процесса преобразования внесенных в почву боенских отходов. Перемешивают почву с пульпой в соотношении 1:6...1:20. Такое соотношение обеспечивает требуемый дисперсный контакт боенских отходов и почвы. С другой стороны, при таком соотношении содержание органического вещества в почве небольшое, и соответствует известным максимальным значениям содержания органического вещества в почве 5–15%. При таком содержании органического вещества в почве исключена его избыточная минерализация и, соответственно, утрата элементов питания растений из почвы. С другой стороны, при таком соотношении почвы с пульпой для утилизации боенских отходов нет необходимости обрабатывать значительную земельную площадь. Однако если стоит задача обеспечить приоритет внутрипочвенной обработки почвы с точки зрения агрономелиорации, то соотношение почвы с пульпой можно увеличить вплоть до 1:100, что обеспечит безопасную утилизацию отходов и их роль в качестве источника дополнительного питательного вещества для растений.

В процессе работы роторный фрезерный внутрипочвенный рыхлитель с фрезами на горизонтальном вале 5 поступательно перемещают по земельному участку, отведенному для утилизации боенских отходов. После выполнения механической обработки почвы по следу прохода роторный фрезерный внутрипочвенный рыхлитель с фрезами на горизонтальном вале 5 остается слой 30–50 (40–80) см равномерно перемешанной с пульпой почвы 10.

В щель в почве, которую оставляет механический привод в виде роторного щелереза 6, из блока дезинфицирующего вещества 8 по тракту подачи дезинфицирующего вещества 9 подают дезинфицирующее вещество. В процессе обработки почвы дезинфицирующее вещество перемешивается с почвой в щели. По мере поступательного перемещения

роторного фрезерного внутрипочвенного рыхлителя 5, дезинфицирующая почва по следу прохода роторного щелереза 6 осыпается. Создается равномерно перемешанный с дезинфицирующим веществом слой почвы 10.

Заключение

Использование новых подходов и элементов в устройстве для утилизации биологических отходов, которыми являются: измельчение утилизируемых боенских отходов до размера частиц 2–5 мм, смешивания измельченных утилизируемых боенских отходов с водой или с водой, содержащей дезинфицирующее вещество, в соотношении от 1:3 до 1:5, внесение образовавшейся пульпы в почву на глубину 30–50 (40–80) см, измельчение почвы до размера частиц 1–25 мм и перемешивания с пульпой в соотношении от 1:6 до 1:20, обработка верхнего слоя почвы по следу прохода роторного щелереза дезинфицирующим веществом. Это позволяет экологически безопасно утилизировать боенские отходы, причем будут обеспечены:

- ✓ утилизация биологических, бытовых и промышленных отходов, в частности, боенских отходов в почве на глубине 30–50(40–80) см в процессе механической роторной фрезерной обработки указанного слоя почвы, причем при обработке почвы одновременно выполняют ее перемешивание с биологическим материалом. Биологический материал вносят в почву в измельченном до размера 2–5 мм состоянии с водой в виде пульпы;

- ✓ разрыв трофических цепей распространения в биосфере опасных биологических объектов и возбудителей инфекций, содержащихся в утилизируемом биологическом материале или способных развиваться на этом материале в условиях его пребывания в биосфере за счет захоронения на глубине минимум 30–40 см.

- ✓ ускорение разложения утилизируемого биологического материала за счет увеличения мощности активного слоя почвы, дисперсного распределения биологического материала в дисперсной системе почвы, увеличения поверхности контакта биологического материала в дисперсной системе почвы, стимулирования за счет этого деятельности редуцентов – аборигенных сапрофитов.

- ✓ исключение опасности распространения опасных биологических продуктов и инфекций, содержащихся в утилизируемом биологическом материале,

- ✓ исключение опасности распространения продуктов биологического разложения утилизируемого биологического материала ввиду уменьшения вирулентности материала за счет эффекта разбавления в почве и подавления вирулентности внесенного материала почвенными сапрофитами.

- ✓ исключение опасности распространения продуктов биологического разложения утилизируемого биологического материала ввиду разрыва трофических цепей за счет недоступности биологического материала, размещенного внутри почвы, наземным консументам.

- ✓ снижение опасности распространения утилизируемого биологического материала почвенными консументами ввиду их малой скорости перемещения.

- ✓ использование внесенного в почву биологического материала для повышения плодородия почвы и приоритетного развития продуцентов биомассы, кислорода, утилизирующих из почвы и атмосферы источники вероятного избыточного потепления климата Земли в результате парникового эффекта – метан и углекислый газ.

- ✓ увеличение степени утилизации боенских отходов.

- ✓ уменьшение вероятности неполной утилизации боенских отходов.

- ✓ уменьшение энергетических затрат на утилизацию боенских отходов.

- ✓ исключение потребности в отводе земель под пункты сосредоточенной утилизации боенских отходов и продуктов их сжигания, что обеспечивает повышение экологического потенциала и рекреационных возможностей биосферы.

Для решения комплекса рассмотренных выше проблем предлагаем новые технические и технологические решения, центральным звеном которых является привязка к естественному самоочищению почвы. Предлагаем создать в стране сеть мобильных

боенских пунктов и модульных мясоперерабатывающих предприятий, обеспечивающих полный цикл убоя и переработки сырья и обезвреженных боенских отходов с соблюдением всех ветеринарных санитарных правил. Это обеспечивается путем утилизации боенских отходов внутри почвы в процессе ее роторной фрезерной обработки в слое 30–50 см. Исключается опасность распространения инфекций в силу разрыва трофических связей. Будет создана возможность преодолеть не правовые виды деятельности в отрасли животноводства, восстановить должное налогообложение, создать экономически стимулы замещения импорта мяса, экологически безопасного наращивания количество скота в РФ за счет новых способов создания почвенных условий для выращивания кормов и экологически чистых медико-ветеринарных санитарных условий утилизации боенских отходов.

Примечания

1. Lidia V. Ivanitskaya, Mikhail S. Sokolov, Valery I. Glazko No-alternative and the Factors of Social and Environmental Co-evolution of the Biosphere into the Noosphere (the Development of the Biosphere Ideas of Vernadsky) // *Biogeosystem Technique*. 2015. Vol. (3). Is. 1. pp. 29–49. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.29
2. Vladimir G. Sister, Igor' S. Tartakovsky, Andrey N. Tsedilin, Nina V. Vorobeva Transformation of Components of Human Environment Under Anthropogenic Impact // *Biogeosystem Technique*. 2014. Vol. (2). No 2. pp. 174–181. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.174
3. Sposito G. Green water and global food security // *Vadose Zone J.* 12. 2013: doi:10.2136/vzj2013.02.0041
4. Giuseppe Di Capua and Silvia Peppoloni. Geoethics and geoscientists: some ongoing initiatives // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly. Vienna, 2014. Vol. 16. EGU2014-2263
5. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Торопова Е.Ю. Средообразующие функции здоровой почвы – фитосанитарные и социальные аспекты // *Агрохимия*. 2015. №8. С. 81–94.
6. Mobile slaughter unit <http://www.mobileslaughter.com>
7. Чуричев С.Д. Патент RU 2098972 С1. МПК ⁶ A22B7/00. Технологический комплекс для убоя и глубокой переработки сельскохозяйственных животных, преимущественно северного оленя. Патентообладатель: Чуричев Сергей Дмитриевич. Заявка 96123786/13, 19.12.1996. Опубликовано: 20.12.1997. 1 ил.
8. Артюшкин А.А., Артюшкин Андр. А., Артюшкина Ю.А. Патент RU 2493876 С1. МПК A61L11/00 (2006.01). Комплекс термического обеззараживания, переработки и утилизации медицинских, биологических, бытовых и промышленных отходов. Патентообладатели: Артюшкин А.А., Артюшкин Андр. А., Артюшкина Ю.А. Заявка: 2012102711/12, 27.01.2012 Опубликовано 27.09.2013. Бюл. №27. 10 с. :3 ил.
9. Overcash, M.R., F.J. Humenik and R.J. Miner, 1983. *Livestock Waste Management*. Vol. 1, CRC Press, 2000, Corporate Blvd, NW, Boca Raton, F.L.
10. Биокomплекс <http://biokompleks.ru/work/gen/vnesenie/>
11. Pote D. H., T. R. Way, P. J. A. Kleinman, P. A. Moore, J. J. Meisinger, K. R. Sistani, L. S. Saporito, A. L. Allen and G. W. Feyereisen. Subsurface Application of Poultry Litter in Pasture and No-Till Soils // *Journal of Environmental Quality* 2011 40: 2: 402–411 doi:10.2134/jeq2010.0352
12. Luo Y.M. Christie P. Bioavailability of Cupper and Zink in Soils Treated with Alkaline Stabilized Sewage Sluges // *Journal of Environmental Quality*. 1998. 27:335–342.
13. Muirhead R. A Farm-Scale Risk-Index for Reducing Fecal Contamination of Surface Waters // *Journal of Environmental Quality* 2015 44: 1: 248–255 doi:10.2134/jeq2014.07.0311
14. Rhodes Eric R., Laura A. Boczek, Michael W. Ware, Mary McKay, Jill M. Hoelle, Mary Schoen and Eric N. Villegas Determining Pathogen and Indicator Levels in Class B Municipal Organic Residuals Used for Land Application // *Journal of Environmental Quality* 2015 44: 1: 265–274 doi:10.2134/jeq2014.04.0142
15. Сазыкина М.А., Сазыкин И.С., Костина Н.В., Хмелевцова Л.Е., Трубник Р.Г., Сазыкина М.И. Исследование экотоксикологических параметров сточных вод г. Ростова-на-Дону и г. Мюнхена // *Вода: химия и экология*. 2014. № 1 (66). С. 3–10.
16. Helena Andersson, Lars Bergström, Barbro Ulén, Faruk Djodjic and Holger Kirchmann. The Role of Subsoil as a Source or Sink for Phosphorus Leaching // *Journal of Environmental*

Quality. Received: Apr 24, 2014. Published: January 9, 2015 January 16, 2015. Vol. 44 No. 2. pp. 535–544. doi:10.2134/jeq2014.04.0186

17. Пробирский М.Д., Панкова Г.А., Ломинога О.А. Опыт химического удаления фосфорных соединений из сточных вод на канализационных очистных сооружениях ГУП «водоканал Санкт-Петербурга» // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2015. № 1 (85). С. 62–67.

18. Byerlee Derek, Alain de Janvry, and Elisabeth Sadoulet Agriculture for Development: Toward a New Paradigm // Annual Review of Resource Economics. Vol. 1: 15–31 (Volume publication date May 2009). First published online as a Review in Advance on May 21, 2009 DOI: 10.1146/annurev.resource.050708.144239

19. Walter V. Reid et al. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being – Synthesis. 2005. 155 p. ISBN: 1-59726-040-1.

20. Kalinichenko V. Biogeosystem Technique as a base of the new world water strategy // Biogeosystem Technique. 2014. № 2 (2). pp. 100–124. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.100

21. Kalinichenko Valery P. Biogeosystem Technique as a Paradigm of Non-waste Technology in the Biosphere // Biogeosystem Technique. 2015. Vol. (3). Is. 1. pp. 4–28. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.4

22. Kalinichenko Valery P. Biogeosystem technique as the method for Earth's climate stabilizing // Biogeosystem Technique. 2015. Vol. (4). Is. 2. pp. 104–137. DOI: 10.13187/bgt.2015.4.104

23. Путин В.В. Выступление на заседании генеральной Ассамблеи ООН, сентябрь 2015 г. <http://www.1tv.ru/news/polit/293099>

24. Fitsum Woldemeskel, Ashish Sharma, Bellie Sivakumar, and Raj Mehrotra. Quantifying GCM uncertainty for estimating storage requirements in Australian reservoir // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly. Vienna, 2014. Vol. 16. EGU2014-12151.

25. Wiß Felix, Tobias Stacke, and Stefan Hagemann. Statistical analysis of simulated global soil moisture and its memory in an ensemble of CMIP5 general circulation models // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly. Vienna, 2014. Vol. 16. EGU2014-14086.

26. Lisetskii F.N., Rodionova M.E. Transformation of dry-steppe soils under long-term agrogenic impacts in the area of ancient Olbia // Eurasian Soil Science. 2015. T. 48. № 4. pp. 347–358. DOI: 10.1134/S1064229315040055

27. Калининченко В.П., Ляхов В.П., Юсупов В.У., Халилов Р.Р. Биоекосистемотехника как новая основа синтеза идеи и атрибутов национальной безопасности в 21 веке // Государственное и муниципальное управление. ученые записки СКАГС. 2015. №3. С. 144–149.

28. Moskalenko Aleksandr P., Stanislav A. Moskalenko System Technologic Complexes as Organizational and Economic Basis of Resource-saving and Energy Efficiency // Biogeosystem Technique. 2015. Vol. (3). Is. 1. pp. 64–81. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.64

29. Виноградский С.Н. Микробиология почв: Проблемы и методы. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 793 с.

30. Креница А.М., Симонович Е.И., Булышева Н.И., Везденева Л.С. Почвенная фауна и плодородие почв. Ростов-на-Дону, 2008. 132 с.

31. Симонович Е.И., Казадаев А.А. Формирование комплекса панцирных (oribatei) и гамазовых (gamasina) клещей лугового агроценоза в процессе естественного остепнения // Фундаментальные исследования. 2014. № 5–1. С. 75–78. <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1255194>

32. Great Planes: Vertical Tillage Principles <http://www.youtube.com/watch?v=EwG4hqtNOVA>

33. Колесников С.И., Ярославцев М.В., Спивакова Н.А., Казеев К.Ш. Сравнительная оценка устойчивости биологических свойств черноземов юга России к загрязнению CR, CU, NI, PB в модельном эксперименте // Почвоведение. 2013. № 2. С. 195–201. DOI: 10.7868/S0032180X13020081

34. Kolesnikov S.I., Rotina E.N., Kazeev K.S. Technology of evaluation methods of soil remediation effectiveness according to biological indicators // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. T. 17. № 7. pp. 914–918. DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2013.17.07.12267

35. Костычев П.А. Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства / 1886. Под ред., с введ. ст. и примеч. А.Н. Соколовского. М.; Л.: ОГИЗ – Сельхозгиз, 1937. 239 с.
36. Blagodatskaya E., Kuzyakov Y., Blagodatsky S., Anderson T.-H. Microbial growth and carbon use efficiency in the rhizosphere and root-free soil // PLoS ONE. 2014. Т. 9. № 4. С. e93282. DOI: 10.1371/journal.pone.0093282
37. Калиниченко В.П. Патент на изобретение RU №2411718 С2. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 февраля 2011 г. Устройство для выполнения способа внутрипочвенного импульсного дискретного полива растений. Патентообладатель Калиниченко В.П. Заявка № 2009110757/20(016023) от 30.03.09. Опубликовано 20.02.2010. Бюл. №5. 10 с. : 2 ил.
38. Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ (ред. от 28.11.2015) "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения". 30 марта 1999 года N 52-ФЗ https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/
39. Ветеринарно-санитарные правила сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов (в ред. Приказа Минсельхоза РФ от 16.08.2007 N 400, с изм., внесенными Определением Верховного Суда РФ от 13.06.2006 N КАС06-193) <https://www.fsvps.ru/fsvps/laws/165.html>
40. Федеральный закон от 29.12.2014 N 458-ФЗ (ред. от 28.11.2015) "О внесении изменений в Федеральный закон "Об отходах производства и потребления", отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации". 29 декабря 2014 года N 458-ФЗ. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948/
41. Калиниченко В.П. Патент на изобретение RU №2387115 С2. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 апреля 2010 г. Устройство для внесения вещества при ротационном внутрипочвенном рыхлении. Патентообладатель Институт плодородия почв юга России. МПК А01В 33/02 (2006.01) А01С 23/00 (2006.01). Заявка №2008124500/12(029710) от 16.06.2008. Опубликовано 27.04.2010. Бюл. №12. 7 с. : 2 ил.
42. Калиниченко В.П., Старцев В.Ф. Патент RU 2552076 С1. Способ утилизации боенских отходов. МПК В09С 1/00 (2006.01) В09В 3/00 (2006.01) С09F 1/00 (2006.01) С08L 89/04 (2006/01). Заявка № 2013154612/17(085276) от 9.12.2013. 2406015. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 28 апреля 2015 г. Патентообладатель: Институт плодородия почв юга России. Опубликовано 10.06.2015. Бюл №16. 9. с. : 1 ил.
43. Мищенко Н.А., Громыко Е.В., Калиниченко В.П., Черненко В.В., Ларин С.В. Эколого-рекреационный рециклинг фосфогипса в черноземе на примере Краснодарского края // Плодородие. 2009. №6. С. 25–26.
44. Калиниченко В.П., Шаршак В.К., Безуглова О.С., Ладан Е.П., Генев Е.Д., Илларионов В.В., Зинченко В.Е., Морковской Н.А., Черненко В.В., Ильина Л.П. Изменение почв солонцового комплекса за 30-летний период после отвалной, трехъярусной и нового приема роторно-фрезерной обработки // Почвоведение. 2011. № 8. С. 1010–1022.
45. Калиниченко В.П., Шаршак В.К., Миронченко С.Ф., Черненко В.В., Ладан Е.П., Генев Е.Д., Илларионов В.В., Удалов А.В., Удалов В.В., Киппель Е.В. Изменение свойств почв солонцового комплекса через 30 лет после мелиоративных обработок // Почвоведение. 2014. №4. С. 490–506. DOI: 10.7868/So032180X14040029

References:

1. Lidia V. Ivanitskaya, Mikhail S. Sokolov, Valery I. Glazko No-alternative and the Factors of Social and Environmental Co-evolution of the Biosphere into the Noosphere (the Development of the Biosphere Ideas of Vernadsky) // Biogeosystem Technique. 2015. Vol. (3). Is. 1. pp. 29–49. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.29
2. Vladimir G. Sister, Igor' S. Tartakovsky, Andrey N. Tsedilin, Nina V. Vorobeva Transformation of Components of Human Environment Under Anthropogenic Impact // Biogeosystem Technique. 2014. Vol. (2). No 2. pp. 174–181. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.174

3. Sposito G. Green water and global food security // *Vadose Zone J.* 2013;doi:10.2136/vzj2013.02.0041
4. Giuseppe Di Capua and Silvia Peppoloni. Geoethics and geoscientists: some ongoing initiatives // *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 16, EGU2014-2263, 2014. EGU General Assembly 2014
5. Sokolov MS, Glinushkin AP Toropova EY Environmental functions of healthy soil – phyto-sanitary and social aspects // *Agrochemistry*. 2015. №8. pp. 81–94.
6. Mobile slaughter unit <http://www.mobileslaughter.com>
7. Churichev SD Patent RU 2098972 C1. IPC 6 A22B7/00. Technological complex for slaughtering and deep processing of farm animals, especially reindeer. Patentee: Churichev Sergey. Application 96123786/13, 19.12.1996. Published: 12.20.1997. 1 fig.
8. Artyushkin AA Artyushkin Andrew. A. Yu Artyushkina Patent RU 2493876 C1. IPC A61L11 / 00 (2006.01). Complex for thermal disinfection, treatment and disposal of medical, biological, industrial and household waste. Patentee: Artyushkin AA Artyushkin Andrew. A. Yu Artyushkina Application: 2012102711/12, 27.01.2012 Published: 09.27.2013. Bul. N 27. 10 p. : 3 fig..
9. Overcash, M.R., F.J. Humenik and R.J. Miner, 1983. *Livestock Waste Management*. Vol. 1, CRC Press, 2000, Corporate Blvd, NW, Boca Raton, F.L.
10. Биокomплекс <http://biokompleks.ru/work/gen/vnesenie/>
11. Pote D. H., T. R. Way, P. J. A. Kleinman, P. A. Moore, J. J. Meisinger, K. R. Sistani, L. S. Saporito, A. L. Allen and G. W. Feyereisen. Subsurface Application of Poultry Litter in Pasture and No-Till Soils // *Journal of Environmental Quality* 2011 40: 2: 402–411 doi:10.2134/jeq2010.0352
12. Luo Y.M. Christie P. Bioavailability of Copper and Zinc in Soils Treated with Alkaline Stabilized Sewage Sludges // *Journal of Environmental Quality*. 1998. 27:335–342.
13. Muirhead R. A Farm-Scale Risk-Index for Reducing Fecal Contamination of Surface Waters // *Journal of Environmental Quality* 2015 44: 1: 248–255 doi:10.2134/jeq2014.07.0311
14. Rhodes Eric R., Laura A. Boczek, Michael W. Ware, Mary McKay, Jill M. Hoelle, Mary Schoen and Eric N. Villegas Determining Pathogen and Indicator Levels in Class B Municipal Organic Residuals Used for Land Application // *Journal of Environmental Quality* 2015 44: 1: 265–274 doi:10.2134/jeq2014.04.0142
15. Sazykina MA Sazykin IS, NV Kostina, Hmelevtsova LE, Trubnik RG, Sazykina MI Research of ecotoxicological parameters of wastewater of Rostov-on-Don and Munich // *Water: chemistry and ecology*. 2014. № 1 (66). pp. 3–10.
16. Helena Andersson, Lars Bergström, Barbro Ulén, Faruk Djodjic and Holger Kirchmann. The Role of Subsoil as a Source or Sink for Phosphorus Leaching // *Journal of Environmental Quality*. Received: Apr 24, 2014. Published: January 9, 2015 January 16, 2015. Vol. 44 No. 2. pp. 535–544. doi:10.2134/jeq2014.04.0186
17. Probirsky MD, Pankov GA, OA Lominoga Experience of the chemical removal of phosphorus compounds from wastewater at wastewater treatment plants "Vodokanal St. Petersburg" // *Water Treatment. Water treatment. Water supply*. 2015. № 1 (85). pp. 62–67.
18. Byerlee Derek, Alain de Janvry, and Elisabeth Sadoulet Agriculture for Development: Toward a New Paradigm // *Annual Review of Resource Economics*. Vol. 1: 15-31 (Volume publication date May 2009). First published online as a Review in Advance on May 21, 2009 DOI: 10.1146/annurev.resource.050708.144239
19. Walter V. Reid et al. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being – Synthesis. 2005. 155 p. ISBN: 1-59726-040-1.
20. Kalinichenko V. Biogeosystem Technique as a base of the new world water strategy // *Biogeosystem Technique*. 2014. № 2 (2). pp. 100-124. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.100
21. Kalinichenko Valery P. Biogeosystem Technique as a Paradigm of Non-waste Technology in the Biosphere // *Biogeosystem Technique*. 2015. Vol. (3). Is. 1. pp. 4–28. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.4
22. Kalinichenko Valery P. Biogeosystem technique as the method for Earth's climate stabilizing // *Biogeosystem Technique*. 2015. Vol. (4). Is. 2. pp. 104–137. DOI: 10.13187/bgt.2015.4.104
23. VV Putin Speech at the UN General Assembly, September 2015. <http://www.1tv.ru/news/polit/293099>

24. Fitsum Woldemeskel, Ashish Sharma, Bellie Sivakumar, and Raj Mehrotra. Quantifying GCM uncertainty for estimating storage requirements in Australian reservoir // *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 16, EGU2014-12151, 2014. EGU General Assembly 2014.
25. Wiß Felix, Tobias Stacke, and Stefan Hagemann. Statistical analysis of simulated global soil moisture and its memory in an ensemble of CMIP5 general circulation models // *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 16, EGU2014-14086, 2014. EGU General Assembly 2014.
26. Lisetskii F.N., Rodionova M.E. Transformation of dry-steppe soils under long-term agroclimatic impacts in the area of ancient Olbia // *Eurasian Soil Science*. 2015. T. 48. № 4. pp. 347–358. DOI: 10.1134/S1064229315040055
27. Kalinichenko V., Lyakhov VP, Yusupov VU, Khalilov RR. Biogeosystem technique as a new basis for the synthesis of ideas and attributes of national security in the 21st century // *State and Municipal government. Scientific notes SKAGS*. 2015. №3. pp 144-149.
28. Moskalenko Aleksandr P., Stanislav A. Moskalenko System Technologic Complexes as Organizational and Economic Basis of Resource-saving and Energy Efficiency // *Biogeosystem Technique*. 2015. Vol.(3). Is. 1. pp. 64–81. DOI: 10.13187/bgt.2015.3.64
29. Vinogradsky SN *Soil Microbiology: Problems and methods*. M. L : Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1952. 793 p.
30. Kremenitsa AS, Simonovic EI Ulyasheva NI Vezdeneeva LS *Soil fauna and soil fertility*. Rostov-on-Don, 2008. 132 p.
31. Simonovic EI, Kazadaev AA *Formation of complex of crustacean (ORIBATEI) and gamasid (GAMASINA) MITES of meadows agroecosystems during natural steppeification* // *Basic research*. 2014. № 5–1. pp. 75–78. <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1255194>
32. Great Planes: Vertical Tillage Principles <http://www.youtube.com/watch?v=EwG4hqtNOVA>
33. Kolesnikov SI Comparative evaluation of the stability of biological properties of Southern Russia chernozems to Cr, Cu, Ni, Pb contamination in model experiments / Kolesnikov SI, Jaroslavl'tsev MV, Spivakov NA, Kazeev KS // *Soil science*. 2013. № 2. pp 195-201. DOI: 10.7868/S0032180X13020081 (in russian)
34. Kolesnikov S.I., Rotina E.N., Kazeev K.S. Technology of evaluation methods of soil remediation effectiveness according to biological indicators // *Middle East Journal of Scientific Research*. 2013. T. 17. № 7. pp. 914–918. DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2013.17.07.12267
35. Kostychev P.A. *Soils of Black Earth Soil region of Russia, their origin, composition and properties* / 1886 Ed., Entry article and notes by A.N. Sokolovsky. M.; L.: OGIZ – Selkhozgiz, 1937. 239 p.
36. Blagodatskaya E., Kuzyakov Y., Blagodatsky S., Anderson T.-H. Microbial growth and carbon use efficiency in the rhizosphere and root-free soil // *PLoS ONE*. 2014. T. 9. № 4. C. e93282. DOI: 10.1371/journal.pone.0093282
37. Kalinichenko V.P. Patent RU № 2411718 C2. The apparatus for implementation of the method of intra-soil pulse discrete irrigation. Patentee: Kalinichenko V.P. Registered in the State Register of Inventions of the Russian Federation, February 20, 2011. Application number 2009110757 / 20 (016023) on 30.03.09. Published on 20.02.2010. Bull. Number 5. 10 p. : 2 fig.
38. The Federal Law of 30.03.1999 N 52-FZ (ed. from 11.28.2015) "On the sanitary-epidemiological welfare of the population." March 30, 1999. N 52-ФЗ https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/
39. Animal health rules for collection, recycling and disposal of biological waste (amended by Order of Ministry of Agriculture of the Russian Federation of 16.08.2007 N 400, rev., As amended by the Supreme Court of the Russian Federation of 13.06.2006 N KAC06-193) <https://www.fsvps.ru/fsvps/laws/165.html>
40. Federal Law of 29.12.2014 N 458-FZ (as amended. on 11.28.2015) "On Amendments to the Federal Law "On Production and Consumption Waste", some legislative acts of the Russian Federation, and Repeal of Certain Legislative Acts (Provisions of Legislative acts) of the Russian Federation". December 29th, 2014 N 458-ФЗ. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172948/
41. Kalinichenko V.P. Patent RU № 2387115 C2. Registered in the State Register of Inventions of the Russian Federation, April 27, 2010. Device for entering a substance at intra-soil rotary hoeing. Patentee IPPYUR. IPC A01B 33/02 (2006.01) A01C 23/00 (2006.01). Application number

2008124500 / 12 (029710) from 16.06.2008. Published on 27.04.2010. Bull. Number 12. 7 p. : fig 2.

42. Kalinichenko V.P., Starcev V.F. Patent RU 2552076 C1. Method of disposal of slaughterhouse waste. IPC B09C 1/00 (2006.01) B09B 3/00 (2006.01) C09F 1/00 (2006.01) C08L 89/04 (2006/01).. Registration number 2013154612 (085 276) / 17 dated 12.09.2013. Patentee: Institute of soil fertility of South Russia. Registered in the State Register of Inventions of the Russian Federation 28 April 2015. Published on 10.06.2015. Bul. №16. 9 p. : fig. 1.

43. Mishchenko NA, Gromyko EV Kalinichenko VP, Chernenko VV, SV Larin Ecological and recreational phosphogypsum recycling in chernozem on example of the Krasnodar Territory // Fertility. 2009. № 6. pp. 25–26.

44. Kalinichenko V.P., Sharshak V.K., Bezuglova O.S., Ladan E.P., Genev E.D., Illarionov V.V., Zinchenko V.E., Morkovskoi N.A., Chernenko V.V., and Il'ina L.P. Changes in the Soils of Solonetzic Associations in 30 Years after Their Reclamation with the Use of Moldboard Plowing, Deep Tillage with a Three-Tier Plow, and Deep Rotary Tillage // Eurasian Soil Science. 2011. Vol. 44. No. 8. pp. 927–938. DOI: 10.1134/S1064229311080060

45. Kalinichenko V.P., V.K. Sharshak, S.F. Mironchenko, V.V. Chernenko, E.P. Ladan, E.D. Genev, V.V. Illarionov, A.V. Udalov, V.V. Udalov, E.V. Kippel Changing of the properties of complex solonetzic soils in 30 years after reclamation treatments // Soil Science. 2014. №4. pp. 490–506. DOI: 10.7868 / S0032180X14040029.

УДК 614.7

Утилизация биологических отходов методом биогеосистемотехники

¹ Виктор Федорович Старцев

² Валерий Петрович Калиниченко

¹⁻² Институт плодородия почв юга России, Российская Федерация
346493, Ростовская область, Персиановка, ул. Кривошлыкова, 2

¹ Кандидат ветеринарных наук, профессор

E-mail: starcev48@mail.ru

² Доктор биологических наук, профессор

E-mail: kalinitch@mail.ru

Аннотация. Одной из причин формирования опасной для человека окружающей среды является ухудшение состояния мер утилизации биологических отходов, в частности, боенских отходов. Предложен способ утилизации боенских отходов, который включает их измельчение, роторную фрезерную внутрипочвенную механическую обработку рыхлителем с фрезами на горизонтальном вале с механическим приводом, подачу пульпы из боенских отходов и воды внутрь почвы, распределение пульпы из боенских отходов и воды внутри почвы в процессе ее роторного фрезерного внутрипочвенного рыхления. Утилизируемые боенские отходы измельчают до размера частиц 2–5 мм. Затем смешивают с водой или с водой, содержащей дезинфицирующее вещество, в соотношении от 1:3 до 1:5. Вносят образовавшуюся пульпу в почву на глубину 30–50 (40–80) см. При этом почву с помощью устройства для роторной фрезерной внутрипочвенной механической обработки измельчают до размера частиц 1–25 мм, и перемешивают с пульпой в соотношении от 1:6 до 1:20. Обрабатывают верхний слой почвы по следу прохода роторного щелереза дезинфицирующим веществом. Способ позволит утилизировать боенские отходы согласно приоритету переработки вторичных ресурсов над их захоронением и сжиганием. Обеспечиваются разрыв трофических цепей распространения в биосфере опасных биологических объектов и возбудителей инфекций, содержащихся в утилизируемом биологическом материале или способных развиваться на этом материале в условиях его пребывания в биосфере за счет надежного захоронения на глубине минимум 30 см; ускорение разложения утилизируемого биологического материала за счет увеличения мощности активного слоя почвы, дисперсного распределения биологического материала в

дисперсной системе почвы, увеличения поверхности контакта биологического материала в дисперсной системе почвы, стимулирования за счет этого деятельности редуцентов – аборигенных сапрофитов. Достигается высокий ветеринарно-санитарный и экологический эффект, малые энергетические затраты, высокий биологический эффект.

Ключевые слова: боевые отходы, утилизация, роторная фрезерная внутрипочвенная механическая обработка, пульпа, трофические цепи, плодородие, охрана окружающей среды.