

ISSN 1561-1124

МАТЕРИАЛЫ
ПО
ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ

ВЫПУСК 12 (39)



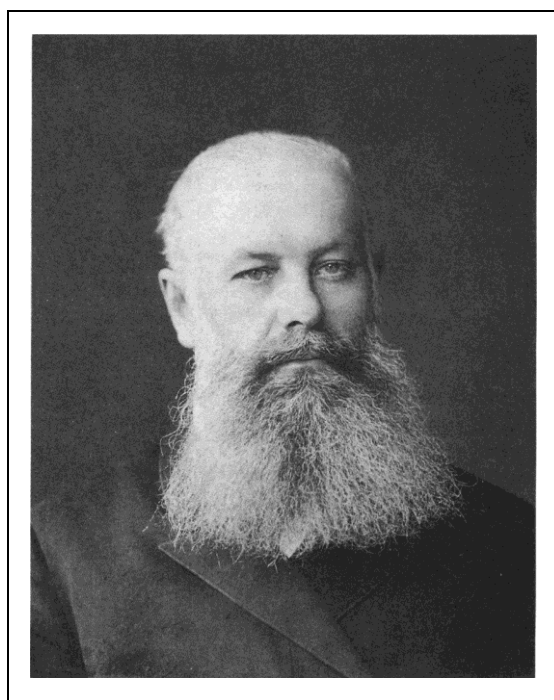
Санкт-Петербург
2020

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ ПОЧВ
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ ПОЧВОВЕДЕНИЯ ИМ. В.В.ДОКУЧАЕВА

МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ

ВЫПУСК 12 (39)

Издание основано в 1885 г.
А.В. Советовым и В.В. Докучаевым



Санкт-Петербург
2020

УДК 631.4
ББК 40.3
М34

Редакционная коллегия: *Б.Ф. Апарин (председатель), К.А. Бахматова, Н.П. Битюцкий, Г.А. Касаткина, О.В. Романов, А.В. Русаков, А.Г. Рюмин, Е.Ю. Сухачева, С.Н. Чуков, А.А. Шешукова, И.В. Штангеева*

Рецензенты:

д.с.-х.н., профессор Б.В. Бабилов, Санкт-Петербургский
государственный лесотехнический университет

д.с.-х.н., член корр. РАН, профессор В.А. Рожков, Почвенный институт
им. В.В. Докучаева

Материалы по изучению русских почв. Вып. 12 (39): Сб. науч. докл. / Под ред.
М34 Б.Ф. Апарина.– СПб, 2020. – 184 с.

В двенадцатом выпуске «Материалы по изучению русских почв» (вып. 11 (38) вышел в 2018 г.) представлены доклады участников XXII Докучаевских молодежных чтений «Почва как система функциональных связей в природе» (2019 г., СПб).

Материалы посвящены связующей роли почвоведения между науками. Представлены работы, рассматривающие широкий круг проблем почвоведения: генезис, география, экология, охрана, плодородие почв, рациональное использование природных ресурсов, пропаганда достижений почвоведения среди широких слоев населения.

Работы представляют интерес для студентов, специалистов и ученых, работающих в сфере наук о Земле, почвоведения, экологии, агрохимии, биологии и сельского хозяйства.

ББК 40.3

Материалы опубликованы при поддержке
Автономной некоммерческой организации сохранения
и развития научного наследия В.В. Докучаева «Почва – жизнь»

© Санкт-Петербургский
государственный университет
© Центральный
музей почвоведения
им. В.В. Докучаева, 2020

ВЫВОДЫ

1. Была выявлена взаимосвязь окислительно-восстановительного потенциала с дополнительными параметрами: электропроводностью, рН, радиацией, концентрацией CO_2 и NO_3 и температурой, и необходимость контролировать данные показатели для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Также были обоснованы изменения окислительно-восстановительного состояния почв при разной степени увлажнения.

2. Были определены особенности структуры интегральной оценки окислительно-восстановительного потенциала почв для оптимизации экологического состояния.

3. Для агроэкологической характеристики почв предлагается оценка ОВ состояния по величинам $\Delta E_h/(\Delta W \cdot \Delta t)$, определяющим скорость изменения E_h при затоплении.

4. Предлагается оценка $\Delta Fe/\Delta E_h$; $\Delta Mn/\Delta E_h$; $\Delta Al/\Delta E_h$; $\Delta \text{NO}_3/\Delta E_h$, определяющая возможность выращивания на анализируемых почвах отдельных культур.

5. Доказывается необходимость составления картограмм ОВП почв, величин $\Delta E_h/(\Delta W \cdot \Delta t)$; $\Delta X/\Delta E_h$ для корректировки особенностей систем земледелия для почв разной степени гидроморфности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Духанин Ю.А., Савич В.И., Батанов Б.Н., Савич К.В. Информационная оценка плодородия почв // Издательство ФГНУ «Росинформагротех», Москва. 2006 г, 476 с.
2. Седых В.А., Савич В.И., Балабко П.Н. Почвенно-экологический мониторинг // Издательство ВНИИА, Москва, 2013 г, 584 с.
3. Почва. [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Почва> (дата обращения 14.02.2019).

Работу рекомендована д.с.-х.н., профессором В.И. Савич.

INTEGRAL ESTIMATION OF REDUCTIVE-OXIDATIVE SOIL CONSTITUTION

P.I. Ilicheva

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

The article discusses integral estimation of reductive-oxidative soil constitution. This factor is one of the most important in researching the soil fertility, surge capacity of the soil and plants. It is necessary to analyze this effect on different plants in order to give an integral assessment to the best conditions of each element in ecosystem. This article shows special aspects of reductive-oxidative soil constitution in sod-podzol and typical chernozem soils in overmoisturizing conditions. We analyze this factor and others (pH, conductivity and temperature) which are bright indicators of changes in plants and soil structure. It is necessary to take this point of view into account because due to this features harvest will be increased.

Keywords: reductive-oxidative soil constitution, soil fertility, surge capacity of the soil, plants, antioxidants, biophile elements.

ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА МИНЕРАЛИЗАЦИЮ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ИЗБЫТКЕ КАДМИЯ В ПОЧВЕ

Ю.Р. Искандирова

Санкт-Петербургский государственный университет

В модельном лабораторном эксперименте на агродерново-подзолистой супесчаной почве изучено действие биоугля и растительных остатков на минерализацию азотсодержащих органических соединений, определяемых по содержанию нитрата и аммония, в процессе трехнедельного компостирования почвы. Установлено, что внесение биоугля и растительных остатков повышало интенсивность аммонификации и нитрификации почвы в условиях стресса, вызванного кадмием. Совместное применение биоугля и растительных остатков полностью снимало токсичное действие кадмия на накопление аммония и нитрата в почве. При оценке фитотоксичности почвы растительные остатки элиминировали ингибирующее действие кадмия на длину проростков ячменя.

Ключевые слова: аммонификация, нитрификация, фитотоксичность, проростки ячменя.

ВВЕДЕНИЕ

Многими исследователями, изучающими симптомы проявления токсичности тяжелых металлов у сельскохозяйственных культур, было замечено, что кадмий в 2–20 раз токсичнее для растений по сравнению с другими тяжелыми металлами в равных дозах [1, 10]. В Ленинградской области лишь 18.4 % пашни относится к категории чистых почв, остальные 81.6 % пахотных угодий в различной степени загрязнены тяжелыми металлами. Кадмий поступает в окружающую среду и непосредственно в почву как в виде отходов горнодобывающей промышленности, так и с выхлопными газами автомобилей, а также при внесении удобрений [9]. Действие кадмия в больших количествах различно: он оказывает денатурирующее действие на метаболически важные белки, блокирует ферментные системы и фотосинтетический аппарат растений, разрушает целостность клеточных стенок, клеточный обмен и иногда вызывает гибель клеток [8]. К внешним симптомам токсичного действия кадмия на растения относятся: торможение роста, хлороз и некроз [6]. Концентрация кадмия возрастает в каждом последующем звене пищевой цепи, что делает его особенно опасным для высших организмов, в частности для человека.

Ключевое положение, занимаемое почвой в наземных экосистемах, делает необходимой разработку и внедрение в производство приемов по уменьшению токсичного действия кадмия на растения.

Наибольшая корреляция наблюдалась между поступлением тяжелых металлов в растение и содержанием их в водной вытяжке из почв. Для кадмия экологически допустимое количество ежегодного поступления в агродерново-подзолистую супесчаную почву – 0.5 кг/га.

Механизмы устойчивости растений к токсическому действию тяжелых металлов делятся на два типа: внутренние и внешние. Внутренние механизмы включают в себя иммобилизацию ионов в клеточной стенке, детоксикацию поступившего в растение тяжелого металла с помощью его хелатирования фитохелатинами и органическими кислотами, белками (фитоалексинами, металлотионинами), компартментации в вакуоли, появления устойчивых к тяжелым металлам ферментов и замене чувствительных к тяжелым металлам метаболических цепей на более устойчивые [1].

К внешним механизмам можно отнести процессы, препятствующие поступлению тяжелого металла в растение. Эти механизмы реализуются как за счет корневых выделений растений и специальных приемов, разрабатываемых агрохимической наукой (известкование почв, внесение органических и минеральных удобрений, поддержание оптимального соотношения макро- и микроэлементов в почве), так и за счет микроорганизмов [2].

Корни растений и микроорганизмы способны выделять хелатирующие лиганды (органические кислоты, сахара, аминокислоты, пептиды, фенолы и т.п.) и ионы, которые предотвращают поступление тяжелых металлов в растение.

Особую роль в ослаблении токсического действия тяжёлых металлов играют органические удобрения, в частности, растительные остатки как источник гуминовых веществ в почве. Гуминовые вещества способны сорбировать ионы тяжёлых металлов, что приводит к снижению поступления их в растения. Обладая аналогичными, но более сильными сорбционными свойствами биоуголь получил широкое распространение в качестве почвенного мелиоранта. Однако растительные остатки являются не только источником гуминовых веществ. При их минерализации образуется целый ряд простых органических соединений, которые способны связывать и выводить тяжелые металлы из биологического круговорота. Кроме того растительные остатки являются основным субстратом для почвенных микроорганизмов [5].

Микроорганизмы при взаимодействии с тяжёлыми металлами, в частности кадмием, способны не только адаптироваться к ним, но изменять состояние металлов в почве: их формы, валентность, подвижность, а, следовательно, и токсичность. Подвижность металлов существенно снижается за счёт сорбции и закрепления их микроорганизмами. Бактерии могут аккумулировать ионы металлов внутри клеток [7], а также на поверхности клеток, образуя комплексы с полимерами [4] или обменивая ионы тяжёлых металлов с ионами клеточной стенки. До 10 % кадмия, внесённого в почву, может связываться микроорганизмами.

Внесение растительных остатков увеличивает биомассу бактерий, выработку ими метаболитов, способных связывать ионы кадмия в недоступные для растений комплексные соединения (хелаты). Биоуголь может значительно уменьшить содержание кадмия в почве, сорбируя его. Мы предположили, что совместное внесение в почву растительных остатков и биоугля значительно снизит токсичное действие кадмия на процессы аммонификации и нитрификации.

Цель исследования – изучить влияние биоугля и растительных остатков на интенсивность процессов минерализации азотсодержащих соединений при избытке кадмия в почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – агродерново-подзолистая супесчаная почва, отобранная в Ленинградской области (посёлок Меньково, база Агрофизического института).

В качестве действующих веществ применяли биоуголь, бобово-злаковые растительные остатки и кадмий (CdCl_2). Опыт включал 8 вариантов: контроль – почва (П); почва + биоуголь (П+БУ); почва + растительные остатки (П+РО); а также совместное внесение биоугля с растительными остатками (П+БУ+РО) на фоне кадмия и без него. Компостирование проводили в оптимальных гидротермических условиях в 3-кратной повторности.

Биоуголь и бобово-злаковые растительные остатки, состоявшие из клевера и тимофеевки в равных отношениях, внесены в сосуды из расчета 3 г/кг сухой почвы.

Кадмий внесен в почву в дозе 50 мг/кг, что выше ПДК в 10 раз. Время компостирования почвы – 3 недели.

Для определения фитотоксичности кадмия использовали 7-дневные проростки ячменя финского сорта Потра 2016 года репродукции. Определение концентрации в почве аммония и нитрата проведено общепринятыми колориметрическими методами [3]. Математическая обработка проведена в программе IBM SPSS.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В таблице 1 показано влияние биоугля и растительных остатков на накопление аммония в почве, загрязненной кадмием. Установлено, что первый процесс минерализации азотсодержащих органических соединений, определяемый по накоплению аммония в почве, в наибольшей степени ингибировался кадмием (–74 %) в контрольной почве без применения биопрепаратов. Биоуголь снизил токсичность кадмия в два раза, а растительные остатки – в 4 раза. Совместное применение биоугля и растительных остатков полностью элиминировало ингибирование кадмием накопления N-NH_4 в почве.

Таблица 1. Влияние биоугля и растительных остатков на ингибирование кадмием накопления N-NH₄ в почве (в %).

Вариант	без Cd, мг/кг	с Cd, мг/кг	% ингибирования
Почва (П)	7.47 b	1.82 a	74
П+БУ	6.67 ab	4.65 ab	35
П+РО	8.89 b	6.47 ab	18
П+БУ+РО	6.46 ab	9.50 b	0

В таблице 2 показано влияние биоугля и растительных остатков на ингибирование кадмием процесса окисления аммония до нитрата. Наибольший процент ингибирования кадмием накопления N-NO₃ (30 %) установлен для контрольной почвы. Применение биоугля снизило токсичность кадмия на 7 %, а применение растительных остатков – в 7 раз. Совместное применение биоугля и растительных остатков снизило процент ингибирования кадмием накопления N-NO₃ в почве почти в 2 раза. Таким образом, растительные остатки оказали наибольшее влияние на снижение токсичности кадмия в почве.

Таблица 2. Влияние биоугля и растительных остатков на накопление нитрата в почве, загрязненной кадмием.

Вариант	без Cd, мг/кг	с Cd, мг/кг	% ингибирования
Почва (П)	61.09 e	42.76 c	30
П+БУ	49.08 d	37.41 b	23
П+РО	22.64 a	21.61 a	4
П+БУ+РО	48.79 d	40.98 bc	16

Токсичное действие кадмия на нитрифицирующую способность почвы было наибольшим в варианте без применения биопрепаратов (31 %). При внесении биоугля токсичность кадмия снизилась в 2 раза по сравнению с фоном, а при внесении растительных остатков и совместном внесении биоугля и растительных остатков токсичность кадмия не проявлялась в отношении нитрифицирующей способности почвы.

Проведена оценка фитотоксичности кадмия в отношении 7-дневных проростков ячменя сорта Потра (рис. 1). Фитотоксичность кадмия была наибольшей в почве без биопрепаратов. При добавлении в почву растительных остатков, а также при их совместном применении с биоуглем, кадмий не оказывал токсичного действия на длину проростков. В варианте с биоуглем (как с кадмием, так и без него) длина 7-дневных проростков ячменя была наименьшей, по-видимому, из-за токсичности биоугля.

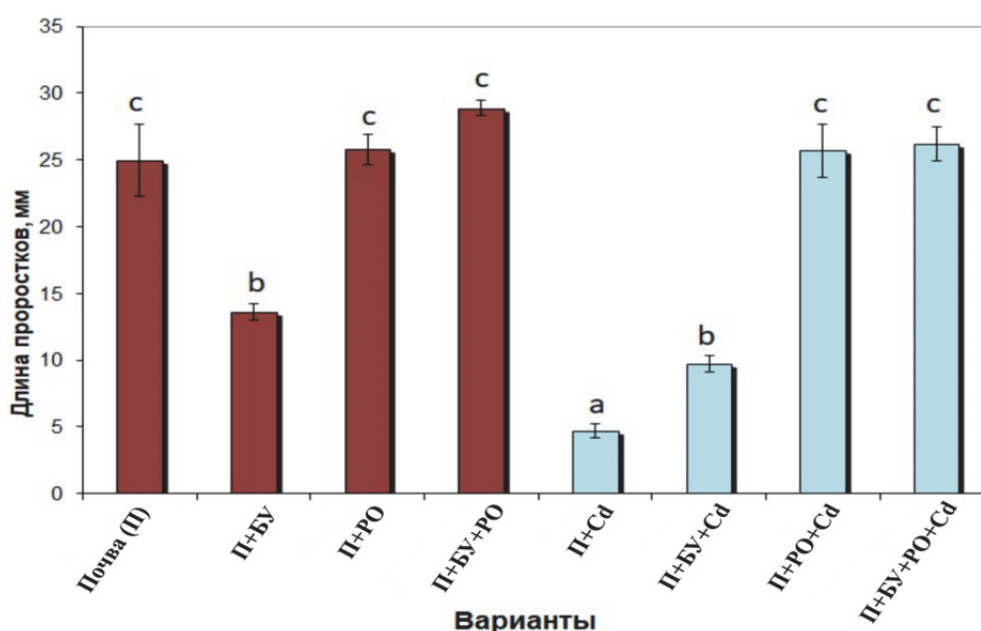


Рисунок 1. Влияние биоугля и растительных остатков на длину 7-дневных проростков ячменя в почве, загрязненной кадмием, мм.

ВЫВОДЫ

1. Совместное применение биоугля и растительных остатков полностью элиминировало ингибирование кадмием накопление аммония в почве.
2. Биоуголь снизил ингибирование кадмием накопление нитрата в почве на 7 %, а растительные остатки – в 7 раз.
3. При определении фитотоксичности растительные остатки снимали ингибирующее действие кадмия на длину проростков ячменя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам. Физиология и биохимия культурных растений, 1994. Т. 26. № 2. С. 111–112.
2. Добровольский Г.В., Гришина Л.А. Охрана почв. М., 1985. 224 с.
3. Крейер К.Г., Банкина Т.А., Орлова Н.Е., Юрьева Г.М. Практикум по агрохимическому анализу почв. Издательство Санкт-Петербургского университета, 2005. С. 53–66.
4. Руэце К., Кыстя С. Борьба с загрязнением почвы. М.: Агропромиздат, 1986. 221 с.
5. Садовникова Л.К., Зырин Н.Г. Показатели загрязнения почв тяжелыми металлами почвенном химическом мониторинге. Почвоведение, 1985. № 10. 84 с.
6. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах (ред. Зырин Н.Г. и Садовникова Л.К.). Издательство Московского университета, 1985. 206 с.
7. Belimov A.A., Safronova V.I., Sergeyeva T.A., Egorova T.N., Matveyeva V.A., Tsyganov V.E., Borisov A.Y., Tikhonovich I.A., Kluge C., Preisfeld A., Dietz K.J., Stepanok V.V. Characterization of plant grows promoting rhizobacteria isolated from polluted soils and containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. Microbiology, 2001. V. 47. P. 642–652.
8. Chen Q., Lu X., Guo X., Pan Y., Yu B., Tang Z., Guo Q., Differential responses to Cd stress induced by exogenous application of Cu, Zn or Ca in the medicinal plant *Catharanthus roseus*. Ecotoxicology and Environmental Safety, Vol. 157, 2018, p. 266–275.
9. Gallego S.M., Pena L.B., Barcia R.A., Azpilicueta, C.E., Iannone M.F., Rosales, E.P., Zawoznik M.S., Groppa M.D., Benavides M.P., Unravelling cadmium toxicity and tolerance in plants: insight into regulatory mechanisms. Environ. Exp. Bot. 83, 2012, p. 33–46.
10. Hu L., Wan J., Zeng G., Chen A., Chen G., Huang Z., He K., Comprehensive evaluation of the cytotoxicity of CdSe/ZnS quantum dots in *Phanerochaete chrysosporium* by cellular uptake and oxidative stress, Environ. Sci. Vol. 4, 2017, p. 10.

Работа рекомендована к.б.н., старшим преподавателем Т.А. Банкиной.

THE EFFECT OF BIOCHAR AND PLANT RESIDUES ON THE MINERALIZATION OF NITROGEN-CONTAINING COMPOUNDS WITH AN EXCESS OF CADMIUM IN THE SOIL

Y.R. Iskandirova

St. Petersburg State University

The objectives of the model laboratory experiment was to study the effect of biochar and plant residues on the formation of nitrogen compounds available to plants in the process of three-week soil composting.

It has been established that the application of biochar and plant residues increases the intensity of ammonification and nitrification of the soil under stress caused by cadmium.

The combined use of biochar and plant residues completely eliminated the toxic effect of cadmium on the accumulation of ammonia and the nitrifying ability of the soil.

Plant residues removed the inhibitory effect of cadmium on the length of barley seedlings.

Keywords: ammonification, nitrification, phytotoxicity, barley seedlings.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Булышева А.М., Лазарева М.А.</i> XXII Докучаевские молодежные чтения.....	3
<i>Александров Н.А.</i> Исследование антропогенно измененных почв на примере опытных участков экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.....	11
<i>Васильева А.В., Куклина С.Л.</i> Характеристика аллювиальных почв высокой поймы р. Белой (Приангарье).....	17
<i>Данилин И.В.</i> Формы соединений калия ризосферы клена остролистного в подзолистой почве.....	22
<i>Дудникова Т.С., Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Антоненко Е.М., Барбашев А.И., Попилешко Я.А., Лобзенко И.П.</i> Анализ содержания полициклических ароматических углеводородов в различных типах почв импактной зоны Новочеркасской ГРЭС.....	28
<i>Едемская В.А., Степанов А.В.</i> Функционально-экологическая оценка создаваемых конструкторземов для газонных экосистем.....	34
<i>Енчилик П.Р., Семенов И.Н., Иовчева А.Д., Асеева Е.Н., Терская Е.В., Самонова О.А.</i> Первые данные о поведении Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn, Zr в системе «почва – растения» катены в центрально-лесном заповеднике.....	40
<i>Ильичева П.И.</i> Интегральная оценка окислительно-восстановительного состояния почв.....	44
<i>Искандирова Ю.Р.</i> Влияние биоугля и растительных остатков на минерализацию азотсодержащих соединений при избытке кадмия в почве.....	49
<i>Коваленко А.В.</i> Эмиссия парниковых газов из почв и техногенных поверхностных образований селитебной зоны города (на примере поселка Коммунарка города Москвы).....	53
<i>Козлов А.В.</i> Поведение водо- и кислоторастворимых форм кремния в дерново-подзолистой почве под действием диатомита.....	59
<i>Кравченко Е.И.</i> Применение методов ионометрии и рентгенофлуоресцентного анализа для оценки засоления почв.....	62
<i>Лазарева М.А.</i> Почвы различных природно-территориальных комплексов Ленинградской области.....	68
<i>Ломовцева Д.Д., Сташкевич А.С., Киселева Н.Д.</i> Использование почвенного покрова Нукутского района Иркутской области (Южное Приангарье).....	74
<i>Мартынова Д.О., Знаменская Т.И.</i> Процессы водной эрозии в Приольхонье.....	79
<i>Мельникова А.А.</i> Фосфатный режим дерново-подзолистой почвы при интенсивном применении агрохимических средств.....	84

<i>Мигдисова И.А., Абросимов К.Н.</i> Томографическое исследование порового пространства почв: взаимосвязь томографических показателей и физических свойств почв.....	88
<i>Мингареева Е.В.</i> Радионуклиды (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) в почвах Северо-Западного региона России, сформированных на трех типах почвообразующих пород.....	92
<i>Петросян Р.Д.</i> Управление содержанием органического углерода в пахотных серых лесных почвах Владимирского Ополя	99
<i>Решетов Р.С., Погожев Д.А., Кошелькова М.М., Лентина А.А., Безруких А.И., Чернова Т.В.</i> Моделирование состава почвенно-грунтовой смеси для объектов озеленения Московского региона.....	103
<i>Сафин А.Р., Головлева Ю.А.</i> Гидрологический режим почв среднетаежной подзоны Западно-Сибирской равнины	109
<i>Скобликова Е.А., Куклина С.Л., Тания И.В., Сабекия Т.В.</i> Изменение почвенных свойств при пастбищной нагрузке в Рицинском реликтовом национальном парке (республика Абхазия)	114
<i>Смирнов М.В., Куклина С.Л., Козырев А.С., Стерхова И.В.</i> Характеристика солифлюцированных отложений раннесартанского возраста на примере ГАО «Туяна» (республика Бурятия)	120
<i>Тимофеева Ю.Р.</i> Оценка агроресурсного потенциала почв Ленинградской области.....	125
<i>Токмакова В.С.</i> Изменение гидрофизических свойств почв Усинского района республики Коми под влиянием загрязнения углеводородами нефти и последующей рекультивации	132
<i>Толстыгин К.Д.</i> Изменение некоторых физических и химических свойств торфяных почв за 50-летний период	137
<i>Трошина Е.А.</i> Физико-химические свойства почв мыса Бурхан, о. Ольхон	142
<i>Ускова Н.В.</i> Оценка влияния длительного применения удобрений на гумусовое состояние почвы, структуру и качество урожая бессменно возделываемой озимой ржи.....	146
<i>Чаплыгин В.А., Бауэр Т.В., Коркин Г.О., Хассан Т.М.</i> Аккумуляция тяжелых металлов в растениях тростника южного (<i>Phragmites australis</i> Cav.) в условиях экстремального техногенного загрязнения	151
<i>Апарин Б.Ф., Янсон С.Ю., Грабовский, А.А., Сухачева Е.Ю., Мингареева Е.В., Шевчук, Е.А.</i> Трансформация органических и минеральных веществ погребенной почвы в осадочных отложениях танюерской свиты южной Чукотки	155
<i>Захарова М.К., Апарин Б.Ф., Мингареева Е.В.</i> «Два закона – две науки»	167
<i>Апарин Б.Ф.</i> Новое прочтение (Рецензия на монографию «Почвы республики Беларусь» / В.В. Лапа [и др.] – Минск: ИВЦ Минфина, 2019).....	177

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ
Выпуск 12 (39)

Компьютерная верстка А.Г. Рюмина

Подписано в печать с оригинал-макета заказчика 20.07.2020 г.

Формат 60x84/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 23,0. Тираж 80 экз. Заказ №

Типография Издательства СПбГУ
199034, Санкт-Петербург, Менделеевская лин., д. 5